



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ISMO MÄKIPIRTTI  
VIRTAUTUKSEEN  
SUUNNITTELU  
Diplomityö

SOVELTUVAN

VARASTOLAYOUTIN

Tarkastaja: Professori Jarkko Rantala

Tarkastaja ja aihe hyväksytty  
Talouden ja rakentamisen  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa  
12. elokuuta 2015

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietojohtamisen Koulutusohjelma

**Mäkipirtti, Ismo:** Virtautukseen soveltuvan varastolayoutin suunnittelu

Diplomityö, 114 sivua, 1 liitesivu

Syyskuu 2015

Pääaine: Logistiikka

Tarkastaja: Professori Jarkko Rantala

Avainsanat: LEAN, Six Sigma, Varastologistiikka, Virtautus, Osallistaminen

Työssä tarkastellaan uuden varastolayoutin suunnittelua osana suurempaa tuotantoprosessin kehitysprojektia venttiiliratkaisuja tuottavassa Metso Automationin Helsingin tehtaassa. Tämän suunnittelun perustana on Leanin, Six Sigman ja osallistamisen hyödyntäminen prosessin eri vaiheissa.

Leania hyödynnettiin segmentoimalla toimintaan liittyvät ongelmat Leanin esittämien hukan tyyppien mukaisesti. Näin saatiin rikottua isommat ongelmat ja niiden tekijät helpommin lähestyttäviksi osiksi. Lisäksi Leanin oppien mukaisesti kyseenalaistettiin aikaisempia toimintamalleja ja arvioitiin objektiivisesti uusien investointien välttämättömyyttä toiminnalle, tavoitteena tuottaa tehokasta palvelua vähäisillä resursseilla.

Six Sigman soveltaminen tapahtui logistiikan toiminnan laadun kehittämisen kautta. Erityisesti variaatioita varastosaldoissa ja keräilyajoissa pyrittiin kitkemään hakemalla osallistavissa kokouksissa ongelmien juurisyitä ja tutkimalla mahdollisia ratkaisuja näiden juurisyiden poistamiseksi. Joitain valittuja ehdotuksia myös pilotoitiin pienemmässä mittakaavassa, jolloin prosesseja jalostettiin DMAIC –metodia soveltaen.

Suunnittelu aloitettiin analysoimalla vanhan varastoratkaisun etuja ja puutteita, sekä haastattelemalla sisälogistiikan asiakkaita. Tuntemalla nykytila ja tavoitetila, aloitettiin uuden varaston suunnittelu. Suunnittelun aikana pyrittiin mahdollisuuksien mukaan osallistamaan työntekijät ja sidosryhmät kehittämään uuden varaston layoutkonsepteja kohti yhä toimivampaa kokonaisuutta. Kiristyneiden aikataulutavoitteiden vuoksi suunnittelutoiminta muutettiin joustavammaksi ja tarvittaessa muutoksia suunnitelmiin tehtiin vielä toteutusvaiheessakin.

Lopullinen ratkaisu täytti pääasiallisesti sille asetetut tavoitteet. Leanin ja Six Sigman teorioiden mukaisesti onnistuttiin poistamaan tunnistettua hukkaa ja tarpeettomia variaatioita varaston toiminnasta, sekä onnistuttiin todistamaan näiden teorioiden hyödyntämispotentialiaali varastoratkaisujen suunnittelussa. Uusi varastolayout tukee osaltaan koko organisaation pyrkimystä kohti virtaututempaa ja tehokkaampaa toimintaa.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Information Management

**Mäkipirtti, Ismo:** Designing of a stream compatible warehouse layout

Master of Science Thesis, 114 pages, 1 Appendix page

September 2015

Major: Logistics

Examiner: Professor Jarkko Rantala

Keywords: LEAN, Six Sigma, Warehouse logistics, Streaming, Inclusion

This study covers the designing of a new stream-compatible warehouse layout as part of a larger project aimed at improving production processes at Metso Automation Helsinki Plant. The basis of this design is formed by Lean, Six Sigma and inclusion of stakeholders in to the planning process.

Lean was utilized by segmenting problems according to different types wastes described in Lean. This allowed bigger problems to be broken down into more easily approachable parts. Former processes and methods were also questioned in accordance with Lean thinking. The usefulness and vitality of further investments were objectively evaluated in order to produce as efficient service as possible with fewer resources.

Six Sigma was applied mostly to improve the quality in logistics. Variations in inventory balances and lead times were especially targeted. Root causes and possible solutions for these problems were sought in inclusive meeting through the project. Some of the suggestions were piloted in smaller scale before implementing to the whole logistics organisation. These processes could be refined by adapting DMAIC methodology.

Planning was started by analyzing the benefits and defects inherent in the old warehouse and by interviewing the customers of internal logistics. After finding out the current system and goals for the new warehouse, the planning could be started. Workers and stakeholders were included to the planning process whenever possible to help improve the warehouse concepts. The planning processes and methods were converted to be more fluent and flexible due to tightened timetable for the project. This meant that changes could be made even during the implementation phase.

The final warehouse solution fulfilled in most part all the main requirements given to it. The project was successful in reducing waste and variations in the logistical process. It also proved the usefulness of Lean and Six Sigma in warehouse planning. The new warehouse layout supports in its part the broader pursuit of the organisation towards more stream based and efficient operations.

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Metso Automationia mahdollisuudesta olla osa näin suurta ja tärkeätä projektia, sekä uskosta taitoihini, jonka seurauksena sain vastuullisen ja mielenkiintoisen aiheen Diplomityötäni varten. Haluan myös kiittää erityisesti Ilkka Penttilää, joka toimi työn ohjaajana Metson puolelta. Hänen tukensa ja neuvonsa auttoivat erityisen paljon tätä työtä tehdessäni. Osallistamisen kautta hyvässä hengessä projektia tukeneet työntekijät olivat myös keskeisessä roolissa projektin onnistumisen suhteen.

Työn onnistumisen kannalta tärkeätä oli myös Tampereen Teknillisen Yliopiston kursseilta saamani korkeatasoinen opetus, sekä työn tarkastajana toimineen Professori Jarkko Rantalan antama kehittävä palaute. Kiitän myös perhettäni ja ystäviäni heidän antamastaan henkisestä tuesta tämän projektin aikana.

Tampereella, 23.08.2015

Ismo Mäkipirtti

# SISÄLLYS

|   |     |
|---|-----|
| Tiivistelmä .....                                   | ii  |
| Abstract .....                                      | iii |
| Alkusanat .....                                     | iv  |
| Termit ja niiden määritelmät .....                  | vii |
| 1 Johdanto .....                                    | 1   |
| 1.1 Tutkimuksen tausta .....                        | 1   |
| 1.2 Tutkimusongelma ja rajaukset .....              | 4   |
| 1.3 Tutkimusmetodologia .....                       | 5   |
| 1.4 Tutkimuksen rakenne .....                       | 8   |
| 2 Teoreettinen tarkastelu .....                     | 10  |
| 2.1 Logistiikka .....                               | 10  |
| 2.1.1 Varastologistiikka .....                      | 11  |
| 2.1.2 Varastojen suunnittelu .....                  | 13  |
| 2.2 Lean .....                                      | 15  |
| 2.3 Six Sigma .....                                 | 19  |
| 2.4 Varastoturvallisuus .....                       | 21  |
| 2.5 Osallistaminen .....                            | 23  |
| 2.5.1 Hiljainen tieto .....                         | 23  |
| 2.5.2 Opera .....                                   | 24  |
| 3 Nykytilan analysointi .....                       | 26  |
| 3.1 Vanha tuotantoprosessi .....                    | 27  |
| 3.2 Vanhat varastot .....                           | 29  |
| 3.2.1 FBA ja FBB –varastojen materiaalivirrat ..... | 30  |
| 3.2.2 FBA –varasto yhdistelmäosille .....           | 33  |
| 3.2.3 FBB –varasto venttiiliosille .....            | 34  |
| 3.2.4 Ulkoinen Vindean varasto .....                | 35  |
| 3.3 Nykytilan ongelmat .....                        | 36  |
| 3.3.1 Joustamaton henkilöresurssi .....             | 36  |
| 3.3.2 Varastojen heikko hallittavuus .....          | 37  |
| 3.3.3 Varastosaldojen epäluotettavuus .....         | 37  |
| 3.3.4 Varastointitilan riittämättömyys .....        | 38  |
| 3.3.5 Keräilyssä käytetyt virtuaaliset .....        | 39  |
| 3.3.6 Ongelmien aiheuttamat hukat .....             | 39  |
| 3.4 Turvallisuusanalyysi .....                      | 41  |
| 4 Uuden layoutin suunnittelu .....                  | 44  |
| 4.1 Layoutmuutoksen tavoitteet ja rajoitteet .....  | 45  |
| 4.1.1 Tehtaan asettamat tavoitteet .....            | 46  |
| 4.1.2 Tuotannon asettamat tavoitteet .....          | 46  |
| 4.1.3 Logistiikan asettamat tavoitteet .....        | 47  |
| 4.1.4 Rajoittavat tekijät .....                     | 48  |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 4.2   | Eri varastoversiot .....                              | 50  |
| 4.2.1 | Varastomuuton alkutilanne .....                       | 50  |
| 4.2.2 | Toinen iteraatiokierros .....                         | 52  |
| 4.2.3 | Kolmas iteraatiokierros .....                         | 54  |
| 4.2.4 | Pientavara-alueen suunnittelu .....                   | 57  |
| 4.2.5 | Neljäs iteraatiokierros .....                         | 61  |
| 4.2.6 | LVIS –suunnittelu .....                               | 63  |
| 4.2.7 | Lopullinen versio ennen muuttoa .....                 | 66  |
| 4.2.8 | Muutosurakan aikaiset muutokset .....                 | 70  |
| 4.3   | Sisäiset materiaalivirrat .....                       | 79  |
| 4.4   | Ulkoiset materiaalivirrat .....                       | 83  |
| 4.5   | Toiminnalliset muutokset .....                        | 87  |
| 4.5.1 | Varaston sulkeminen ulkopuolisilta .....              | 87  |
| 4.5.2 | Keräilyn ja logistiikan yhdistäminen .....            | 87  |
| 4.5.3 | +QDIP – johtamisjärjestelmän vakiointi .....          | 88  |
| 4.5.4 | Venttiilien kierto .....                              | 89  |
| 4.5.5 | Maalaamon tyhjentäminen .....                         | 89  |
| 4.5.6 | Siirtyminen imuohjautuvaan keräilyyn .....            | 90  |
| 4.5.7 | Visualisointi .....                                   | 91  |
| 4.5.8 | Pesuprosessi .....                                    | 91  |
| 5     | Toteutuma ja tulevaisuus .....                        | 93  |
| 5.1   | Tehdas 2.0 .....                                      | 93  |
| 5.2   | Tavoitteiden saavuttaminen .....                      | 95  |
| 5.3   | Rajoitteiden ratkaisut .....                          | 98  |
| 5.4   | Havaittujen ongelmien ratkaisut .....                 | 103 |
| 5.5   | Varastoturvallisuus .....                             | 105 |
| 5.6   | Lean ja Six Sigma –periaatteiden toteutuminen .....   | 106 |
| 5.7   | Jatkokehityskohteet .....                             | 107 |
| 5.7.1 | RFID .....  | 108 |
| 5.7.2 | AGV –toiminnan laajentaminen .....                    | 108 |
| 5.7.3 | Trukkikaluston vaiheittainen yhdenmukaistaminen ..... | 109 |
| 6     | Yhteenveto .....                                      | 110 |
|       | Lähteet .....   | 112 |
|       | LIITE 1 - Osallistamiskysely .....                    | 115 |

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

|                   |   |
|-------------------|---|
| AGV -vaunu        | Automaattitrukki, joka kykenee nostamaan lavoja kahteen ensimmäiseen kerrokseen   |
| Allokointi        | Jonkin kohdentaminen jollekin tietylle toiminnolle  |
| Asennoitin        | Laite, joka toimii virtausprosessia ohjaavan tietojärjestelmän ja venttiiliyhdistelmän yhdyssiltana   |
| ATO –tuotanto     | Assemble To Order, kaikki tuotteen vaatimat nimikkeet ovat varastossa, josta ne kerätään ja kokoonpannaan tuotteeksi.<br>Nopea läpimenoaika                                       |
| BOM               | Bill of Materials. Kertoo mitä osia sisältyy johonkin tiettyyn tuotteeseen  |
| CAD               | Computer Assisted Design. Tietokoneavusteinen suunnitteluohjelma, jonka avulla saadaan aikaan tarkkoja piirustuksia   |
| CO                | Customer Order, Asiakastilaus, jolla siirretään myytyä materiaalia tehtaan ulkopuolelle   |
| DO                | Distribution Order, Siirtotilaus jolla siirretään materiaalia eri varastojen kesken joko tehtaan sisäisesti tai tehtaiden välillä   |
| FBA -varasto      | Yhdistelmäkokoonpanon varasto ”Helsinki Supply Center”  |
| FBB -varasto      | Venttiilikokoonpanon varasto ”Helsinki Component Factory”   |
| HSE               | Health, safety, enviroment. Metso Automationin käyttämä työturvallisuustyökalu  |
| JIT               | Just In Time, Johtamisfilosofia, joka keskittyy vähentämään materiaalin varastossa viettämää aikaa  |
| Keräyskortti      | Dokumentti, jonka pohjalta materiaalin kerääminen varastosta tapahtuu, joka sisältää kaikkien kerättävien nimikkeiden nimikekoodin, kuvauksen, kerättävän määrän ja varastopaikan |
| Komponenttitehdas | Tehtaan sisäinen tehdas, joka tuottaa jotain lopputuotteen komponenteista   |
| Lawson M3         | Metso Automationin käyttämä toiminnanohjausjärjestelmä  |
| Lean              | Johtamisfilosofia, joka keskittyy virtaukseen ja hukan poistamiseen toiminnasta   |
| Läpimenoaika      | Prosessin aloittamisesta sen päättymiseen kuluva aika   |
| Metro             | AGV –järjestelmän käyttämä käyttöliittymä   |
| Metso –lava       | Metson käyttämä perinteistä eurolavaa kapeampi lava, jonka mitat ovat 1000x800mm  |
| MO                | Manufacturing Order, Työtilaus jonka mukaisesti jotakin tuotetta muokataan tai jonka mukaisesti tuote kokoonpannaan   |
| Neles             | Venttiilimerkki, joka on Metso Helsingin tehtaan päätuote   |

|                      |  |
|----------------------|--|
| OPERA                | Osallistava ryhmätyöskentelymetodi, jonka suomalainen konsultointiyritys Innotiimi on kehittänyt   |
| Paternosterhissi     | Koneellisesti rullaava pystysuuntainen hissijärjestelmä, jossa päätteeltä valitaan haluttu hyllytaso käsiteltäväksi  |
| Special –tuotanto    | Mittatilattu työ jolla on spesifimmät vaatimukset. Koko tuotantoketju järjestetään tapauskohtaisesti alihankkijoilta loppukokoonpanoon asti. Hidas läpimenoaika      |
| Stream/Virta         | Tuotanto, jonka prosessissa materiaali liikkuu jatkuvasti ja tasaisesti eteenpäin materiaalin vastaanottamisesta pakkaamoon, eikä palaa varastoon lähdettyään sieltä |
| Toimilaite           | Venttiiliyhdistelmän osa, joka luo venttiilin sulkemisen tai avaamisen vaatiman momentin   |
| Venttiili            | Laite, joka säättää nesteen tai kaasun virtaa  |
| Venttiilikokoonpano  | Kokoonpanovaihe, jossa venttiiliosista kokoonpannaan valmis venttiili  |
| Vindea               | Logistiikkaan erikoistunut alihankintayritys, joka ylläpitää tehtaan ulkoista varastoa materiaaleille, puolivalmisteille ja valmiille tuotteille                     |
| Yhdistelmäkokoonpano | Kokoonpanovaihe, jossa valmiiseen venttiiliin liitetään valmis toimilaite ja asennoitin  |



# 1 JOHDANTO

Yritysten ja organisaatioiden täytyy olla aktiivisia jatkuvasti muuttuvassa maailmassa, jotta toimintaa kyettäisiin pitämään kilpailukykyisinä. Tähän liittyy vahvasti erilaisten markkinoilla olevien teknologioiden ja innovaatioiden seuraaminen. (Cockerill & Vernikovsky, 2002) Barac et al. (2010) mukaan nykypäivän globaalissa kilpailussa ratkaisevan edun löytäminen kilpailijoihin nähden on kriittinen ehto yrityksen laajenemiselle ja pidemmällä aikavälillä jopa koko olemassaololle. Eri tahot ovat keskittyneet eri asioihin kuten hintaan, lopputuotteen laatuun, verkostoitumiseen, näkyvyyteen tai kaupanjälkeiseen palvelukykyyn. (Barac et al., 2010)

Valmistavan teollisuuden hyvän toiminnan takeena tulee kuitenkin olla toimiva logistinen järjestelmä (Goldsby & Martichenko, 2005). Tuotanto tarvitsee jatkuvasti materiaalia yrityksen tuotteiden valmistamista varten, jolloin varastossa tulee olla myös osia, joita voidaan nopeasti ja virheettömästi tuotannolle toimittaa. Logistiikan puutteista johtuvat ongelmat pidentävät läpimenoaikoja ja pahimmillaan aiheuttavat suoraa asiakkaalla näkyvää myöhästymää. Tämä vaikuttaa ratkaisevasti yrityksen imagoon ja tulevaan myyntiin.

Yksinkertainen tapa vahvistaa logistista luotettavuutta on luoda puskuria ja ylikapasiteettia, jolloin varaston kokoa laajennetaan ja henkilöstöresurssia korotetaan. Varastoon sitoutunut pääoma ja tuotantopiikkien ulkopuolella toimeentuloa oleva keräilykapasiteetti ovat kuitenkin kokonaisliiketoiminnan kannalta epähaluttavia ilmiöitä ja luovat tehokkuusparadoksin: luotettavuutta ja nopeutta vaaditaan vähemmillä resursseilla. Haluttavampi ratkaisu onkin siis toiminnan järkevöittäminen ja tehostaminen. Yksi ratkaisu tähän on Leanin mukainen toiminnan virtauttaminen.

Tuotannon virtauttaminen on käytännössä tuotteiden valmistamista toistuvissa pienerissä tarpeeseen, tilauskannan tai varastotarpeiden perusteella. Keskenäisen tuotannon määrä ja eräkoot pidetään mahdollisimman pienenä, jotta tuotteet virtaisivat tasaisesti ja pysähtymättä tuotannossa. Varastologistiikalle tämä tarkoittaa pääsääntöisesti hukan poistamista toiminnasta, sekä ennakoitavuuden kasvattamista ja keräilyn tasoittamista.

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Metso on kansainvälinen teknologia- ja palvelutoimittaja prosessiteollisuuden asiakkaille. Metsolla on henkilöstöä 30 000, joista noin 28 % Suomessa.

Kokonaisliikevaihto vuonna 2012 oli 7,5 miljardia euroa. Metso koostuu konsernihallinnosta ja kolmesta segmentistä; Kaivos- ja maanrakennus, Automaatio, ja myöhemmin Valmet Oy:ksi siirtyvä Massa, paperi ja voimantuotanto. (Metso Automaatio, 2013)

Automaatiosegmentin osuus liikevaihdosta oli vuonna 2012 yhteensä 850 miljoonaa euroa, josta Flow Controllin eli virtauksensääätöratkaisut –liiketoimintalinjan osuus oli 449 miljoonaa euroa. Flow Control –linja keskittyy tarjoamaan hätäsulkuventtiilejä, säätöventtiilejä, automaattisia venttiilejä, sekä älykkäitä asennoittimia lähinnä öljy- ja kaasuteollisuuden, sekä massa- ja paperiteollisuuden tarpeisiin. Metso Flow Control on tietyillä erikoisaloilla alansa markkinajohtaja ja esimerkiksi arviolta 75 % paperimassasta ja 70 % teollisuuskaasuista maailmassa kulkevat Metson venttiilien lävitse. Flow Control liiketoimintalinjaan kuuluu maailmanlaajuisesti 7 tehdasta USA:ssa, Brasiliassa, Saksassa, Intiassa, Etelä-Koreassa, Kiinassa ja Suomessa. Metson globaali venttiilituotantoverkosto on nähtävissä kuvassa 1. (Metso Automaatio, 2013)



**Kuva 1, Metso Flow Control tuotantolaitokset (Metso Automaatio, 2013)**

Metso Automation Helsingin tehdas sijaitsee Vantaan Hakkilassa ja keskittyy tuottamaan vaativia ja korkeat standardit omaavia erikoisventtiileitä. Sarjat ovat tavallisesti pieniä ja tehdas tuottaa paljon mittatilaustyönä tehtyjä venttiilejä, jolloin asiakkaan vaatimusten perusteella suunnitellaan tapauskohtaisesti sopivin venttiili ja tarvittavien mittatilausosien toimitusketju alihankkijalta kokoonpanoon.

Venttiilejä tuotetaan neljässä streamissa eli arvovirrassa; Stock, JB, ATO ja Special. Stock –stream kokoonpanee Kiinan tehtaalta toimitetuista komponenteista Neles-venttiilien standardimalleja JB –streamin kokoonpannessa Kiinan ja USA:n tehtaalta toimitetuista komponenteista Jamesbury-venttiilien standardimalleja. ATO –stream

tuottaa Neles –venttiileitä lyhyellä toimitusajalla varastossa jo olevista osista, joiden osalta ylläpidetään varmuusvarastoa. Special –stream tuottaa erikoisventtiileitä ja mittatilaustuotteita, joissa komponentteja valmistetaan tarpeiden mukaisesti pidemmällä toimitusajalla. Lisäksi Special –streamin alainen Heavy tuottaa suuria venttiiliyhdistelmiä, joiden siirtäminen ja kokoonpano ovat tuotteiden suuren massan ja tilavuuden vuoksi vaikeata toteuttaa päävirrassa.

Tavallisin tehtaan lopputuote – venttiiliyhdistelmä – koostuu kolmesta pääasiallisesta osakokonaisuudesta; itse venttiili jonka lävitse materiaali virtaa, toimilaite jonka jousi tuottaa tarvittavan sulkuvoiman, sekä asennoitin joka toimii venttiilin ja tietojärjestelmän välisenä yhdyssiteenä. Kokoonpantujen yhdistelmien lisäksi tehdas toimittaa osakokonaisuuksia ja varaosatoimituksia sekä ulkoisille että sisäisille asiakkaille. Tehtaalla suoritetaan myös vaativia huoltotöitä venttiileille joita ei kyetä huoltamaan paikanpäällä asiakkaan tiloissa. Havainnollistava esimerkki valmiista venttiiliyhdistelmästä on esitelty kuvassa 2.



**Kuva 2, Valmis venttiiliyhdistelmä (Metso Automaatio, 2013)**

Helsingin tehtaan (2010) visio ”Kykenemme kasvattamaan kannattavaa liiketoimintaa globaalissa puristuksessa, koska koko henkilöstö ottaa osaa maailman parhaan yksittäis- ja piensarjavalmistuksen kehittämiseen” ohjaa tehtaalla tapahtuvaa kehitystyötä. Visiota pyritään toteuttamaan ”vastuullisella vaikuttamisella, valmentavalla johtamisella ja Lean –ajatustavan soveltamisella.” Tässä visiossa ”tehtaan tuotanto perustuu arvovirtoihin, joilla on oma tuotteisto ja tuotteistolle tyypilliset ohjausperiaatteet, jotka kattavat koko toimitusprosessin. Tuotteisto on moduloitu ja kykenemme tarjoamaan asiakkaalle laajan valikoiman rajallisesta ja hyvin segmentoidusta osavalikoimasta. Kaikilla on halu ja osaaminen toiminnan kehittämiseen, kokeiluihin ja muutosten toteuttamiseen. Kehittämisessä on käytännöllinen lähestyminen ja toimintaan on sisäänrakennettuna joustavuus ja monitaitoisuus.” (Helsingin tehdas, 2010)

Metso Automationin Helsingin tehtaan toiminnassa on tuotannon myöhästymisen ja heikko valmistuman ennakointi tunnistettu kriittisiksi ongelmatekijöiksi. Tehtaalla on läpiviety Lean-implementointia vuodesta 2010 erilaisten projektien kautta, ja samana vuonna Helsingin tehdas myös muutti uusiin tiloihin Roihupellosta Vantaan Hakkilaan.

Muuton yhteydessä otettiin ensimmäiset askeleet yhdistää osa aiemmin täysin hajautetuista varastoista isommiksi kokonaisuuksiksi, sekä tuotiin kaikkien tuotantolinjojen venttiilikokoonpanot ja yhdistelmäkokoonpanot lähemmäksi toisiaan. Vuonna 2013 päättynyt viimeisin virtautukseen liittyvä ATO-projekti (2013) pyrki edesauttamaan muutosta funktionaalisesta tuotantomallista kohti prosessiorganisaatiota ja Leanin mukaista virtautusta. Projektissa tutkittiin myöhästymisien juurisyitä ja pilotoitiin virtauttamista. Toimitusaikoihin ei kuitenkaan saatu aikaiseksi merkittävää muutosta, eikä arvioituihin taloudellisiin hyötyihin päästy. Projektissa tunnistettiin tarve suuremmalle rakenteelliselle ja toiminnalliselle muutokselle, jotta virtauttaminen onnistuisi. Tämä tarkoittaa organisaationallista muutosta, toimintatapamuutosta ja layoutin uudelleensuunnittelua Tehdas 2.0 –projektin muodossa, koskien tehtaan sisälogistiikkaa ja tuotantoprosessia. (Helsingin tehdas, 2013) Uusi layout tulee uudelleenjärjestelemään aikaisemmin eriytetyt varastot yhdeksi varastoksi ja yhdistää venttiilikokoonpanon ja yhdistelmäkokoonpanon yhteiseksi kokonaisuudeksi. Tämä tutkimus keskittyy tehtaan sisälogistiikan operoimien varastojen uudelleensuunnitteluun osana Tehdas 2.0 –projektia.

## 1.2 Tutkimusongelma ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on luoda realistinen ja toteutettavissa oleva malli, jonka mukaisesti virtautusta tukeva yhdistetty varasto voidaan kontrolloidusti perustaa layoutmuutoksen tapahtuessa. Toissijaisina tavoitteina on tutkia Lean ja Six Sigma –periaatteiden soveltamista varastosuunnitteluun, poistaa useita nykyisessä toiminnassa havaittuja ongelmia, sekä parantaa osaltaan tehtaan sisälogistiikan tehokkuutta.

Tutkimus keskittyy ainoastaan varaston layouttiin, jolloin muiden osastojen sisäiset muutokset rajataan työn ulkopuolelle. Materiaalivirrat määritellään ainoastaan varaston näkökulmasta. Muiden osastojen logistiset toimenpiteet rajataan työn ulkopuolelle ja näitä osastoja käsitellään ainoastaan yksikköinä joista lähtee ja joihin tulee materiaalivirtoja. Työssä keskitytään vain rakenteelliseen layoutiin ja toimintatapoihin, jolloin rahalliset kustannuslaskelmat ja lopullinen resursointi jäävät työn ulkopuolelle muilta kuin toimintatapoihin vaikuttavilta osiltaan.

Tutkimusongelmaksi on määritelty:

*”Virtautettua tuotantoa tukevan varastoratkaisun suunnittelu”*

Ongelmaa pyritään selvittämään neljän tutkimuskysymyksen kautta:

- *Kuinka Lean ja Six Sigma periaatteita voidaan hyödyntää varastologistiikassa?*
- *Mitä vaatimuksia uuteen varastolayouttiin liittyy?*
- *Kuinka materiaalivirrat tulisi järjestää, jotta toiminta olisi tehokasta?*
- *Mitä toimintatapamuutoksia tulisi toteuttaa, jotta toiminta tukisi virtauttamista?*

### **Kuinka Lean ja Six Sigma periaatteita voidaan hyödyntää varastologistiikassa?**

Kysymykseen pyritään vastaamaan tutkimalla Lean ja Six Sigma –periaatteisiin liittyvää kirjallisuutta ja soveltamalla kyseisiä periaatteita kehityspalaverissa ja päivittäistoiminnassa esille nousseisiin ongelma-kohtiin. Tarkoituksena on tunnistaa vanhan toimintatavan ongelmia ja niiden juurisyitä, jotka luovat hukkaa, tehottomuutta ja varianssia varaston toimintaan. Kysymykseen kuuluu varaston toimintaan liittyvät asenteelliset, rakenteelliset, sekä toimintatavoista johtuvat ongelmat.

### **Mitä vaatimuksia uuteen varastolayouttiin liittyy?**

Kysymykseen pyritään vastaamaan määrittelemällä virtautetun varaston asiakkaat ja muut sidosryhmät, jonka jälkeen näiden asiakasryhmien edustajia haastatellaan. Tarkoituksena on saada selville palvelutaso, jota eri asiakkaat vaativat tulevalta varastologistiikalta. Kysymykseen liittyy lisäksi materiaaliset rajoitukset, kuten investointirajoitteet ja alueen rakenteiden asettamat rajoitteet.

### **Kuinka materiaalivirrat tulisi järjestää, jotta toiminta olisi tehokasta?**

Kysymykseen pyritään vastaamaan nykyisen varastohenkilökunnan ammattitaidon ja olemassa olevien mahdollisuuksien kautta. Kysymys pitää sisällään miten ja mihin osastoilta ja tavaran vastaanotosta lähetetty materiaali saapuu hyllyttämistä varten, kuinka varastomies saa signaalin hyllytystarpeesta, sekä miten ja minne hyllytys tapahtuu materiaalin saavuttua. Lisäksi selvitetään miten keräily tapahtuu varaston sisällä ja mihin valmiit keräykset toimitetaan, ja kuinka nämä keräykset poistuvat varastosta.

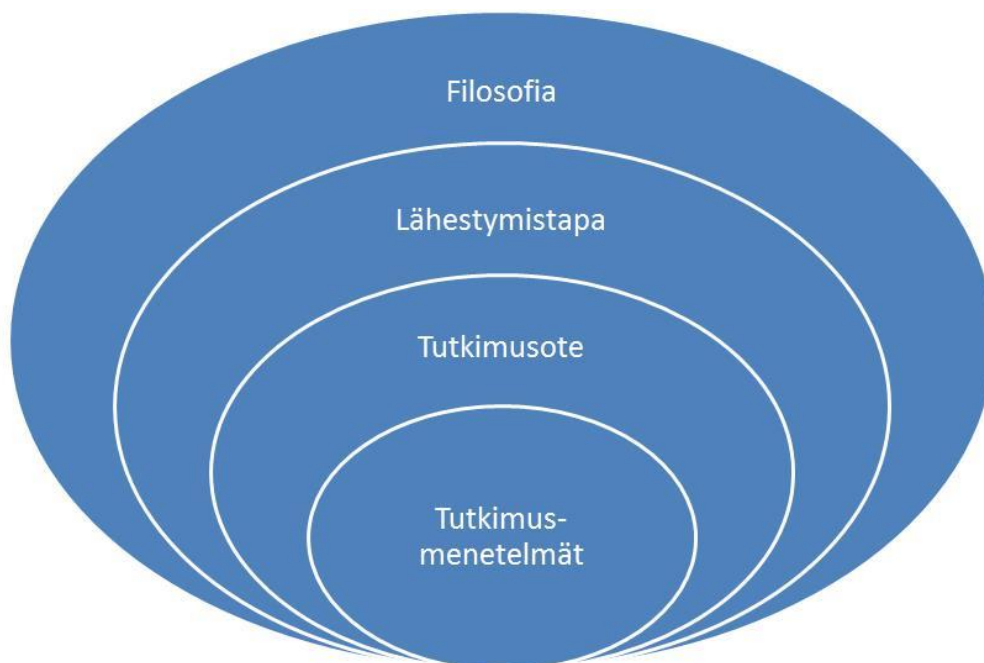
### **Mitä toimintatapamuutoksia tulisi toteuttaa, jotta toiminta tukisi virtauttamista?**

Kysymykseen pyritään vastaamaan arvioimalla nykyisiä prosesseja, sekä varastohenkilökunnalta ja keräilijöiltä saatavan palautteen kautta. Kysymykseen liittyy ratkaistavissa olevien ongelmien tunnistaminen nykyisestä toiminnasta, sekä toiminnallisten ratkaisujen määrittelemisen kyseisten ongelmien minimoimiseksi. Lisäksi tutkitaan toimintatavan muutostarpeita jotka johtuvat uudesta varastosta ja sen uusista prosesseista.

## **1.3 Tutkimusmetodologia**

Tässä osiossa käsitellään tutkimusmetodologiaa, jota on käytetty työn laatimisessa. Olkkosen (1994) mukaan tieteen keskeinen tavoite on tiedon saaminen ja järjestäminen. Mihin tiedon hankkiminen perustuu, on perustava kysymys muodostettaessa käsitystä tieteestä. (Olkkonen, 1994) Saunders et al. (2009) esittää tutkimusprosessin tyypillisesti alkavan tutkimuksen aiheen määrittelyllä ja valitsemalla metodologisen pohjan tutkimukselle. Tätä seuraa tutkimukseen liittyvän datan kerääminen ja analysointi, johtaen lopulta tulosten raportointiin. Jokaisella tasolla tutkija joutuu tekemään tärkeitä

päätöksiä, jotka tulevat vaikuttamaan alempiin tasoihin. (Saunders et al., 2009) Näiden eri tasojen kerrostuminen on havainnollistettu sipulimallina, joka on nähtävissä kuvassa 3.



**Kuva 3, Saundersin sipulimalli yksinkertaistettuna (Saunders et al., 2009)**

Uloimpana kuorena on tutkimusfilosofia. Olkkosen (1994) mukaan on olemassa erilaisia tieteenkäsityksiä, joista merkittävimpiä ovat positivismi ja hermeneutiikka. Positivismin ja hermeneutiikan tieteenkäsitykset liittyvät lähinnä siihen, miten havainnot tutkittavasta ilmiöstä kelpaavat tieteen perusteiksi. Positivismi on tieteellinen katsontatapa, joka tahtoo nojautua yksinomaan todettuihin tosiasioihin hylkäämällä kaikki epävarmat arviot, jotka eivät ole havaittavissa. Hermeneuttisen käsityksen mukainen tutkimus puolestaan pyrkii ymmärtämään kohteena olevan ilmiön sisäisiä yhteyksiä, muutosprosesseja tai muuta sellaista tilanteissa, jossa esimerkiksi laajaan aineistoon nojautuvaa tilastollista tarkastelua ei voida saada aikaan. (Olkkonen, 1994) Tässä työssä filosofiana on selvästi hermeneutiikka, sillä päätöksiä joudutaan suorittamaan tulkinnallisoin keinoin, eikä laskemalla yksiselitteisesti lopullisia optimitilanteita.

Seuraavana taso kuvailee yleistä lähestymistapaa tutkimukseen. Saunderson (2009) kirjoittaa tämän teorian suhteesta tiedonkeruuseen. Tässä kerroksessa kaksi perinteistä lähestymistapaa ovat deduktiivinen ja induktiivinen lähestymistapa. Deduktiivinen lähestymistapa hakee ratkaisuja loogisella päättelyllä, hyödyntäen jo olemassa olevia teorioita. Induktiivinen lähestymistapa puolestaan hakee yleistäviä johtopäätöksiä empiiristen havaintojen pohjalta, luoden uusia teorioita tai muokkaamalla jo olemassa olevia teorioita uuden tiedon avulla. (Saunders et al., 2009) Olkkosen (1994) mukaan nämä lähestymistavat eivät kuitenkaan ole toisiaan poissulkevia (Olkkonen, 1994).

Tässä työssä lähestymistapa painottuu deduktiiviseen lähestymistapaan, mutta myös induktiivista lähestymistapaa käytetään tukemaan työtä mahdollisuuksien mukaan.

Kolmannen tason tarkoituksena on määritellä tutkimusote. Olkkosen (1994) mukaan tiedonhankinta perustuu eri tieteenkäsityksiin ja ilmenee erilaisina tutkimusotteina ja –menetelminä. Luontevan tiedon hankintatapojen tyypittelyn lähtökohdan tarjoaa jako tieteenkäsityksiin ja niiden puitteissa jako tutkimusotteisiin. (Olkkonen, 1994) Saundersin et al. (2009) mukaan tutkimusotteen valintaa ohjaa tutkimuskysymykset, tavoitteet, olemassa olevan tietämyksen laajuus, sekä käytettävissä olevien aika- ja muiden resurssien määrä (Saunders et al., 2009). Ottaen nämä tekijät huomioon, on tutkimusotteeksi valittu intensiivinen tapaustutkimus, jossa tutkitaan mahdollisuuksia kehittää olemassa olevaa logistiikkaprosessia ja varastojärjestelmää spesifissä ja rajatussa paikassa. Tapaustutkimus ei rajaa käytettävissä olevia tutkimusmenetelmiä.

Lopuksi määritellään tutkimusmenetelmät. Saunders et al. (2009) mukaan kvantitatiiviset metodit liitetään usein metodeihin, joissa datan keräämisessä ja analysoinnissa käytetään tai tuotetaan numeerista dataa. Kvalitatiivinen puolestaan liittyy ei-numeerisen datan käsittelyyn. (Saunders et al., 2009) Olkkosen (1994) mukaan hermeneuttisen tieteenkäsityksen tiedonhankinnassa on keskeistä tutkijan ja tutkittavan ilmiön parissa työskentelevien henkilöiden ymmärrys. Tämä ymmärrys koskee nimenomaan asiayhteyksiä, ilmiöiden syitä, tapahtumien prosesseja, sekä muita vaikeasti mitattavia asioita. Hermeneutiikan mukaisen tutkimuksen havainnot ovat pääasiassa kvalitatiivisia, ja niiden käsittely perustuu tutkijan tulkintaan. (Olkkonen, 1994) Tutkimus toteutetaan käyttäen sekä kvalitatiivisia, että kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Tapaustutkimuksen luonteen vuoksi tutkimus tulee kuitenkin nojautumaan vahvasti kvalitatiiviseen tutkimukseen.

Tulevan toiminnan tavoitetilaa kartoitetaan puolistrukturoitujen suullisten haastattelujen kautta joissa hankitaan tietoa varaston palvelujen asiakkailta. Tässä tapauksessa asiakkaaksi nähdään tuotantostreamit, joista tutkimukseen sisällytetään mahdollisimman laaja osanottajaleikkaus, johon kuuluu sekä tuotantotekijöitä, työnjohtajia, että arvovirtojen päälliköt. Näin saadaan selvitettyä mahdollisimman tarkasti mitä varaston palvelema tuotanto tarvitsee toimiakseen tehokkaasti.

Saatujen tavoitetilaa kartoittavien määritteiden kautta ratkaistaan ongelmia pääsääntöisesti logistiikkaorganisaation sisäisten kehityspalavereiden kautta, joita tullaan pitämään säännöllisesti projektin aikana. Kehityspalavereissa keskustellaan kuinka varaston palvelutasoa tulisi nostaa, ja mitä varaston sisäisiä muutoksia tulisi saada aikaan oman työn helpottamiseksi. Palaverit toimivat myös tiedotuskanavana jotta työntekijät tietävät mikä on projektin tilanne ja fokus kullakin hetkellä. Lisäksi pidetään erillisiä palavereja yhteistyössä keskeisimpien sidosryhmien kanssa, kuten Metson

varastointikumppani Vindean ja AGV –trukkikalustosta vastaavan Roclan edustajien kanssa.

Varastohenkilöstö ja keräilijät sitoutetaan projektiin ottamalla heidät päätöksentekoprosessiin mukaan, jolloin samanaikaisesti hyödynnetään kokeneiden loppukäyttäjien parannusideoita, sekä minimoidaan projektin aiheuttamaa muutosvastarintaa. Pääasiallisena osallistamisen työkaluna sovelletaan OPERA –metodologiaa.

Projektin aikana tuotettuja suunnitelmia ja ratkaisuja esitetään Tehdas 2.0 -projektiryhmän palavereissa, jolloin muutosten aiheuttamat vaikutukset sidosryhmille tuodaan esille. Näin ollen haetaan ratkaisuja jotka tukisivat koko toimintaa kokonaisuutena, jolloin ratkaisu joka edistäisi varaston toimintaa mutta haittaisi tuotantoa, jäisi toteuttamatta.

Kvalitatiivista tutkimusta pyritään tukemaan myös kvantitatiivisella tiedolla. ERP –tietokannasta saadaan ajettua tilastollista dataa eri nimikkeiden kiertonopeuksista, materiaalivirtojen suuruuksista ja prosessin pullonkaulapisteistä. Samoin Metson HSE –monitorista saadaan listattua logistiikkaan liittyneitä vaaratilanneilmoituksia joiden pohjalta voidaan luoda turvallisuutta korostavia kehitystoimia. Logistiikan KPI –mittarista voidaan tunnistaa poikkeamia, tutkia poikkeamien juurisyitä ja tämän jälkeen hakea korjaavia toimenpiteitä juurisyiden korjaamiseksi.

Tilastojen lisäksi pyritään hakemaan teoreettisia viitteitä varastosuunnitteluun kirjallisuusanalyysien ja alan joulalijulkaisujen kautta, joissa on esitettyä jo aikaisemmin kerättyä yleismaailmallista kvantitatiivista informaatiota, joka koskee koko alaa kokonaisuutena, ja jota voidaan jälleen soveltaa Metson tilanteeseen. Mahdollisuuksien mukaan tullaan erilaisia toimintatapamalleja ja prosesseja pilotoimaan jo ennen itse layoutmuutoksen toteuttamista, jolloin voidaan jo valmiiksi etsiä mahdollisia ongelmakohtia ja toimiviksi osoitettuja käytäntöjä aikataululla, jossa on vielä mahdollista tehdä suuriakin muutoksia alkuperäisiin suunnitelmiin.

## 1.4 Tutkimuksen rakenne

Työn johdannon jälkeinen luku esittelee pääasialliset työssä sovellettavat teoriat ja pyrkii tekemään niiden pääasialliset tekijät ja sovelluskohteet lukijalle selviksi. Koko tehdas on siirtymässä pitkäaikaisen prosessin kautta jatkuvasti kohti Lean –ajattelun mukaista kokonaisuutta, joten Leanin peruseriaatteet selvitetään tässä osiossa. Tämän lisäksi esitellään teoriaa varastosuunnittelun osalta, sekä perehdytään jatkuvasti korkeampaan rooliin nousevaan turvallisuusnäkökulmaan. Luvussa käsitellään lisäksi osallistamista suunnitteluprojekteissa.



Luvussa kolme esitellään tehtaan layoutmuutosta edeltänyttä tilaa ja siihen liittyviä ongelmia logistiikan osalta. Osiossa esitellään karkeasti tehtaan toiminta ja sisälogistiikan suurimmat materiaalivirrat sekä luodaan käsitys siitä miten vanhat varastot toimivat. Tämän lisäksi tuodaan esille jo tunnettuja ongelmia ja hukkaa liittyen muutosta edeltäneeseen toimintaan.

Luvussa neljä kerrotaan projektille asetetut vaatimukset ja tavoitteet, sekä esitetään perustellusti miten tulevassa varastossa tulisi toiminta järjestää. Osiossa tarkastellaan itse varaston sisäistä rakennetta ja layouttia hyllystöjen sijoittelun ja materiaalin sijoittelun kautta. Lisäksi esitellään kuinka materiaalivirrat tulisi toteuttaa eri osastoilta varastoon ja varastosta eri osastoille. Lopuksi tuodaan esille toimintatapamuutoksia, joiden kautta voidaan poistaa nykyisessä toimintaympäristössä havaittuja ongelmia.

Luvussa viisi esitetään lopullinen toteutunut varastolayout sellaisena kuin se fyysisesti on otettu toimintaan. Tämän lisäksi analysoidaan projektin vaikutuksia logistiikalle ja sitä, kuinka hyvin päästiin projektille asetettuihin tavoitteisiin. Lopuksi esitetään jatkotutkimusehdotuksia tulevaisuutta varten kuten RFID:n ja automaattitruckien yhä korkeampi hyödyntäminen.

## 2 TEOREETTINEN TARKASTELU

Tässä osiossa esitellään työn keskeisimmät teoriat, joita hyödynnetään varaston suunnittelussa. Ensin esitellään yleistä teoriaa logistiikasta, varastologistiikasta ja varastojen suunnittelusta. Tämän jälkeen kerrotaan Leanista ja Six Sigmasta, jotka toimivat koko projektin kantavina ajatusmalleina. Lean ja Six Sigma ovat kaksi erillistä konseptia, jotka kuitenkin Forsu et al. (2012) mukaan tuottavat yhdessä käytettynä huomattavasti parempia tuloksia, kuin erikseen käytettyinä (Forsu et al., 2012). Tämän vuoksi myös tässä työssä näitä kahta konseptia käsitellään yhdessä. Huomattavasti yksinkertaistettuna voidaan Goldsbyn ja Martichenkon (2005) mukaan nähdä Leanin keskittyvän virran tehostamiseen ja Six Sigma variaatioiden poistamiseen (Goldsby & Martichenko, 2005). Koska tärkeä osa Leania on Antunes et al. (2013) mukaan asettaa ihmisresurssi prosessin keskiöön, hyödyntäen henkilöstön osaamista kaikilla tasoilla (Antunes et al., 2013), on teoriaosassa huomioitu myös henkilöstöön sitoutuneen tiedon hyödyntäminen. Viimeisenä teoriaosana perehdytään varastoturvallisuuteen, sillä turvallinen työympäristö voidaan nähdä sekä työntekijän, että työnantajan näkökulmasta tärkeänä tekijänä varaston suunnittelussa.

### 2.1 Logistiikka

Murphy ja Woodin (2008) mukaan logistiikan tärkeys liiketoiminnassa on globalisaation mukana noussut aivan uudelle tasolle 80-luvulta lähtien. Tämä on luonut suuren määrän erilaisia logistiikan suuntauksia ja osa-alueita, mikä puolestaan on hämärtänyt eri termien merkitystä eri tilanteissa. (Murphy & Wood, 2008) Council of Supply Chain Managementin (2015) määritelmän mukaan ”logistiikka on osa toimitusketjun hallintaa, joka suunnittelee, implementoi ja hallinnoi tehokasta ja toimeenpanevaa etenevää ja palaavaa virtaa, sekä tuotteiden, palveluiden ja oleellisen tiedon säilytystä lähtöpisteen ja kulutuspisteen välillä täyttääkseen asiakkaan tarpeet” (CSCMP, 2015). Business Dictionaryn (2015) mukaan logistiikka on puolestaan ”henkilöstön, materiaalien ja muiden resurssien hankinnan, siirtämisen ja säilyttämisen suunnittelua, täytäntöönpanoa ja hallintaa, jotta saavutettaisiin hankkeen, suunnitelman, projektin tai strategian päämäärät” (Business Dictionary, 2015). Tämän työn suhteen logistiikka ymmärretään materiaalin siirtona ja varastointina, sekä sen ja siihen tarvittavien resurssien hallinnointina.

### 2.1.1 Varastologiikka

Chambersin et al. (2004) mukaan ”varastoja syntyy, koska kysynnän ja tarjonnan ajoituksissa sekä määrissä on eroja. Jos nämä pystyttäisiin sovittamaan yhteen täydellisesti, varastoja ei syntyisi.” (Chambers et al., 2004) Varastoja siis joudutaan perustamaan, sillä tarjonnan ja kysynnän ennustaminen on vaikeata. Goldsby ja Martichenko (2005) toteavatkin kaikkien ennusteiden olevan väärässä. Keskeistä onkin ennusteiden suhteen vastata kysymyksiin ”Kuinka väärässä ne tulevat olemaan?” ja ”Mihin suuntaan ne ovat väärässä?”. (Goldsby & Martichenko, 2005)

Suuresti yksinkertaistamalla on Goldsbyn ja Martichenkon (2005) mukaan ainoastaan kahdenlaista varastointia; sykliset varastot ja kaiken muunlaiset varastot. Syklisiä varastoja käytetään asiakkaan tarpeiden täyttämiseen. Materiaalia siis tilataan ja lähetetään eteenpäin tunnettujen tekijöiden mukaisesti. Muut varastointityypit toimivat puolestaan varmuusvarastoina, jotka edustavat pyrkimystä vastata variaatioihin ja tuntemattomiin tekijöihin. Näin ollen sykliset varastot liittyvät virtoihin ja muut varastotyyppit varianssinhallintaan. (Goldsby & Martichenko, 2005) Hokkasen et al. (2002) mukaan oikein suunniteltu ja toteutettu varastointi kasvattaa logistisen ketjun arvoa ja on näin osaltaan lisäämässä tuotteiden arvoa ja arvostusta. Samalla varasto on yksi vaikeimmin hallittavista alueista logistisessa prosessissa. Suunnittelematon ja hoitamaton varastointi kasvattaa kuluja ja laskee tuotteen arvostusta asiakkaiden silmissä. Varastologiikka on asia, joka konkreettisimmin näkyy logistisessa ketjussa kuljetusten ohella, etenkin jos se ei toimi. (Hokkanen et al., 2002)

Hokkasen et al. (2002) mukaan varaston perustoiminnassa tavallisimmin ensin saapuva tavara puretaan ajoneuvosta, jonka jälkeen tavaran kunto ja lähetysten määrä tarkastetaan. Tämän jälkeen lähetys koodataan ja kirjataan järjestelmään. Tämän jälkeen tapahtuu siirto varastopaikalle. Kun varasto saa asiakastilauksen, suoritetaan keräily. Keräilykierroksen päätyttyä tilauksen tavarat yhdistetään ja pakataan asiakaskohtaisesti. Samalla tavaran kunto ja yhdenmukaisuus tilaukseen nähden tarkastetaan. Pakkaus osoitetaan, lisätään lähetyslista ja keräys kirjataan järjestelmään, minkä jälkeen tavara siirretään lähetysalueelle. (Hokkanen et al., 2002) Prosessi on vielä esitetty kuvassa 4.



**Kuva 4, Varaston perusmateriaalitoiminta (Hokkanen et al., 2002)**

Cockerillin ja Vernikosvskyn (2002) mukaan ajantasaisen tiedon tarkkuus ja saatavuus tulevat kasvattamaan merkitystään yhä entisestään varastoinnissa. Yhä useammin ilmenee tarvetta saada tietoon jonkin tietyn osan historia varastoinnin aikana. (Cockerill & Vernikovsky, 2002) Varaston osatietojen tulee siis olla jatkuvasti päivittyviä ja

tarkkoja osien tullessa ja poistuessa varastosta. Historialla tarkoitetaan kykyä tietää, mistä ja milloin jokin tietty varaosa on hankittu, jolloin esimerkiksi viallisiksi huomatuista osista voidaan yhä selvittää virheeseen johtaneet syyt, vaikka alkuperäisestä hankintatransaktiosta olisikin kulunut jo useampi vuosi.

Baily et al. (2005) mukaan kappalemääräistä varastojen seurantaa on syytä tehdä, jotta yrityksessä tiedetään, kuinka paljon tavaraa varastossa on todellisuudessa jäljellä. Varastojen täydennys tapahtuu usein varastotasojen perusteella, joten on oltava tietoisia siitä, kuinka paljon tai vähän tavaraa on oikeasti jäljellä, jotta puutetilanteita tai liiallisia varastoja ei pääse syntymään. Varastoon sitoutuvan pääoman seuranta tapahtuu lähinnä kappalemääräisen selvityksen perusteella laskemalla varastossa olevat tavarat hankintahinnoin varaston arvoksi. Varastojen seurannalla saadaan informaatiota varaston liikkuvuudesta, riittämisestä sekä mahdollisista puutetilanteista, joiden avulla voidaan arvioida, onko varastointi kannattavaa. (Baily et al., 2005)

Kaksi käytetyintä menetelmää varastohallinnassa ovat manuaalinen paperiin perustuva hallinta, sekä viivakoodeihin perustuva hallinta. Paperiin perustuva varastohallinta on yhä käytössä monissa yrityksissä, varsinkin länsimaiden ulkopuolella. Tämänkaltaisessa järjestelmässä tapahtuu suuri määrä inhimillisiä virheitä, toiminta on hidasta, eikä se sovellu suurien volyymien hallintaan. (van den Berg & Zijm, 1999) Tällä hetkellä käytetyin teknologia elektronisen datan keräämiseen on viivakoodi. Viivakoodi kehitettiin 1940-luvulla USA:ssa ja on yleistynyt voimakkaasti 1970-luvulta lähtien. Viivakoodi koostuu koodatusta datasta joka voidaan lukea optisesti ja siirtää tietokoneen ymmärtämäksi digitaalseksi dataksi. Lukija lukiessa viivakoodin, sen lasersäde kulkee viivakoodin ylitse, joka koostuu tummista ja vaaleista viivoista. Kun säde heijastuu viivakoodin pinnasta, lukija luo digitaalisen kuvan viivakoodista. Tämän jälkeen lukijan ohjelmisto tulkitsee viivakoodin sisällön. (Milne, 2013)

Perinteiset viivakooditarrat ja viivakoodinlukijat ovat halpoja ja yksinkertaisia käyttää. Viivakoodien tietosisältö on kuitenkin rajoittunut, joten siihen ei voida tallettaa kuin pieni määrä tietoa. Tätä puutetta on pyritty korjaamaan luomalla kaksiulotteinen viivakoodi, eli datamatriisi, joka sallii suurempine tietomäärien tallentamisen pienemmälle alueelle. Tämä kuitenkin vähentää entisestään viivakoodien joustavuutta ja vaatii uusien kalliiden kameroiden hankkimista. (Cook & Tomarelli, 2008) Nämä viivakoodityypit on havainnollistettu kuvassa 5.



**Kuva 5. Perinteinen viivakoodi ja kaksiulotteinen viivakoodi**

Molemmat viivakoodityypit vaativat näköyhteyden luettavien tarrojen ja lukijan välille, eikä viivakoodien lukulaite kykene lukemaan kuin yhden viivakoodin kerrallaan. Viivakoodeja ei myöskään voi ohjelmoida uudelleen tai uusiokäyttää. Viivakooditarran altistuminen öljylle, rasvoille tai kemikaaleille voi tehdä viivakoodista lukukelvottoman. (Cook & Tomarelli, 2008)

### 2.1.2 Varastojen suunnittelu

Rushton et al. (2006) kuvailevat varaston suunnittelussa olevan useita askelia, alkaen varastolle asetettujen tarpeiden ja rajoitteiden määrittelyllä ja loppuen lopullisen suunnitelman arvioimiseen alkuperäisten vaatimusten suhteen. Pääasiallisia askelia on esitetty yhteensä 13.

- Määrittele tarpeet ja rajoitteet
- Määrittele ja hanki tarvitsemasi data
- Kehitä suunnitelman perusta
- Määrittele toiminnalliset periaatteet
- Arvioi laitetypit
- Valmistelee sisäiset ja ulkoiset layoutit
- Laadi ylemmän tason menettelytavat ja tietotarpeet
- Arvioi suunnittelun joustavuus
- Laske laitetarpeet
- Laske henkilöstötarpeet
- Laske pääoma- ja käyttökustannukset
- Arvioi suunnitelmaa määriteltyjä tarpeita ja rajoitteita vasten
- Viimeistele haluttu suunnitelma

Vaikka edellä esitetyt askeleet on kirjoitettu järjestykseen, on suunnitteluprosessi kuitenkin iteroiva. Tarpeita, mahdollisuuksia ja esteitä arvioidaan koko prosessin ajan ja suunnitelman vaiheissa voidaan palata myös aikaisempiin vaiheisiin. Koko prosessia ei myöskään tarvitse noudattaa orjallisesti. Heti suunnitteluvaiheessa olisi myös hyvä huomioida mahdolliset tulevaisuudessa tehtävät laajennukset ja muutokset nyt tehtävään varastoon. (Rushton et al., 2006) Murphyn ja Woodin (2008) mukaan paras neuvo varastosuunnitteluun onkin käyttää omaa järkeään. Tähän liittyy myös ymmärrys siitä, mikä on varaston lopullinen tarkoitus ja paikka organisaatiossa. Varastosuunnitteluun kuuluu myös suuri määrä tehtäviä kompromisseja. Vaikka näissä kompromisseissa on harvoin täysin oikeata tai täysin väärää ratkaisua, tulee kuitenkin pohtia mikä on varaston tarkoituksen suhteen järkevintä toteuttaa. (Murphy & Wood, 2008)

Materiaalin sijoittelussa Murphy ja Wood (2008) näkee kaksi ääripäätä; kiinteät varastopaikat ja vaihtuva sijoittelu. Kiinteillä vakiopaikoilla sama materiaali sijoitetaan aina samaan paikkaan. Tämä luo varmuutta ja vähentää virheitä, mutta voi aiheuttaa tehottomuutta tilan käytössä. Vaihtuvassa sijoittelussa saapuva materiaali sijoitetaan sinne minne se mahtuu. Tämä nostaa varaston käyttöasteen korkeaksi, mutta vaatii tarkan ja tehokkaan tiedonhallinnan toimiakseen, ja on alttiimpi inhimilliselle virheelle.

(Murphy & Wood, 2008) Tavallisimmin toiminta on jotain näiden ääripäiden väliltä. Cooken (2000) mukaan toiminnan tehokkuuden kannalta on hyvä myös tutkia liikkuvan materiaalin kiertonopeus ja sijoittaa nopeasti kiertävä materiaali helpoiten saavutettaville paikoille, hitaasti kiertävän materiaalin täyttäessä vaikeammin saavutettavia varastopaikkoja. Näin voidaan alentaa täyttö- ja keräilyaikoja. (Cooke, 2000)

Toinen kompromissikohde on Murphyn ja Woodin (2008) mukaan varastohyllystöjen korkeus. Matalahyllyisen varaston materiaali on helposti käsiteltävissä, mutta tämänkaltainen ratkaisu vie huomattavasti pinta-alaa. Nostamalla hyllyjä korkeammaksi saadaan varastoitua suurempi määrä materiaalia pienemmälle alueelle, mutta korkeiden hyllystöjen käsittelyyn vaaditaan uutta siihen kykenevää kalustoa. (Murphy & Wood, 2008) Rushton et al. (2006) huomauttaa hyllystöjen korkeuden nostamisen voivan vaatia myös enemmän tilaa vieviä vahvempia tukirakenteita. Suurempi massa voi myös tarvita vahvemman lattiamateriaalin ja perustukset, joka ei välttämättä ole ajallisilta ja rahallisilta kustannuksiltaan perusteltua. (Rushton et al., 2006)

Kolmas tärkeä kompromissikohde on Murphyn ja Woodin (2008) mukaan käytävien ja tyhjän tilan suhde itse varastotilaan. Leveät käytävät tekevät mekaanisten laitteiden kuten trukkien käytön helpommaksi ja turvallisemmaksi. Leventämällä käytäviä joudutaan varastosta suunnittelemaan suurempi, jolloin välimatkat pitenevät, tai varastosta tehdään varastointikapasiteetiltaan pienempi, jolloin varastointikyky ja toimitusvarmuus heikkenyvät. Ahtaat käytävät voivat kuitenkin ruuhkaantua ja riski henkilö- tai materiaalivahingoille kasvaa ilman erikoiskoneiston hankintaa, joka puolestaan voi olla hyvinkin kallista. (Murphy & Wood, 2008) Rushton et al. (2006) pohtii samaa paradoksia kirjoittamalla hyvän logistisen suunnittelun pyrkivän samanaikaisesti minimoimaan kuljettavan matkan pituuden, mutta silti takaamaan riittävän käytäväleveyden. Eräs ratkaisu voi olla myös suunnitella materiaalin liikkeitä varaston sisällä siten, että osa käytävistä olisi yksisuuntaisia ja kapeampia. Suunnittelussa tulisi myös varoa tilannetta, jossa syntyisi umpikujia ja takaisin kulkemista yhtenäisen pyyhkäisyn sijasta. (Rushton et al., 2006)

Suunnittelussa tulee ottaa myös huomioon kaikki muu varaston toimintaan vaadittu tila. Itse materiaalin varastoinnin viemän tilan lisäksi Murphyn ja Woodin (2008) mukaan tilaa vaativat muun muassa saapuvan ja lähtevän materiaalin väliaikaisvarastointi, henkilöstön omat tilat, toimistotila ja tilat tarvittaville tietokoneille, alue vahingoittuneelle materiaalille joka odottaa tarkastusta, jätteen keruuseen vaaditut alueet, sekä laitteiden ja työkalujen varastointialue (Murphy & Wood, 2008).

Rushton et al. (2006) muistuttaa vielä suunnitteluvaiheen tärkeydestä, sillä pidempi suunnittelu-aika voi maksaa itsensä takaisin moninkertaisesti. Tarvittavia muutoksia on huomattavasti helpompi ja halvempi toteuttaa suunniteltaessa. Valmiiseen varastoon

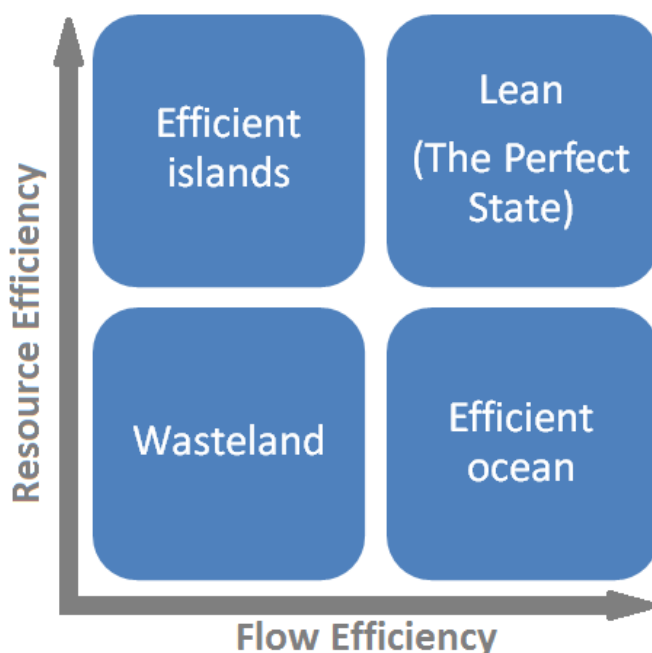
tarvittavat muutokset voivat olla erittäin kalliita tai jopa mahdottomia toteuttaa jälkikäteen. (Rushton et al., 2006)

## 2.2 Lean

Leanin konsepti sai alkunsa Antunes et al. (2013) mukaan 50 –luvun Japanilaisissa yrityksissä, jonka jälkeen Leanin periaatteita on kehitetty tähän päivään asti. Yritysten jatkuva tarve parantaa ja kehittää toimintaansa johti johtamistyökalujen ja metodien etsintään, joilla voitaisiin parantaa asiakaspalvelua ja vähentää yrityksen prosessien kustannuksia. Itse Lean –termin määrittivät Womack ja Jones kuvaamaan toimintaperiaatteita, joita he tutkivat perehtyessään Toyotan toimintaan. (Antunes et al., 2013) Womack ja Jones (2003) esittävätkin merkittäviä muutoksia ajattelutapaan verrattuna perinteiseen resurssikeskeiseen massatuotantoon. Ensinnäkin tuotteen arvo määritellään sen mukaan, kuinka arvokas se on asiakkaan näkökulmasta. Tällöin asiat jotka valmistava yritys näkee tärkeiksi tuotteen suhteen tulisi uudelleenarvioida asiakkaan näkökulmasta. Arvon määrittämisen lisäksi määritellään arvovirta, joka on ketju prosesseja, jotka lisäävät tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta. Ne prosessit, jotka eivät kuulu tähän arvovirtaan, tulisi tutkia ja mahdollisesti poistaa kokonaan. Tämän arvovirran toimintaa tulisi kehittää ja poistaa mahdollisimman paljon varianssia virrasta. Tämän lisäksi toimintaa tulisi jatkuvasti kehittää, ja työntekijät tulisi osallistaa tähän kehitystoimintaan. (Womack & Jones, 2003)

Modig ja Åhlström (2012) esittävät tehokkuusmatriisin, jossa akseleina toimivat resurssien käytön tehokkuus ja virtautuksen tehokkuus. Toimintaa voidaan tämän matriisin mukaisesti tehostaa kahdella eri tavalla; joko tehostamalla resurssien käyttöä tai virtautusta. Resurssien käytön tehostaminen tarkoittaa käyttöasteen nostamista yrityksen käytettävissä olevissa resursseissa, kuten henkilöstön ja työkoneiden käytössä. Tämä on vanha ajattelutapa, joka Womackin ja Jonesin (2003) mukaan kuitenkin voi johtaa pullonkauloihin ja tehottomuuteen tuotannossa, yrityksen pyrkiessä pitämään tuotantokoneet jatkuvasti toiminnassa. Resurssien toimettomana olemisesta on tullut niin suuri kynnyskysymys, että sen poistamiseksi ylläpidetään isoja varastoja ja tuotteet jonottavat seuraavalle koneelle pääsyä. (Womack & Jones, 2003) Virtautuksen tehokkuus tarkoittaa puolestaan kykyä täyttää asiakkaan tarpeet mahdollisimman nopeasti. Tällöin ei seurata tehokkuutta työkoneen näkökulmasta, vaan yksittäisen tuotteen näkökulmasta. Koska työkoneen korkea toiminta-aste ei tuota asiakkaalle arvoa, voidaan sen vaatimien prosessien nähdä tuottavan hukkaa. Nopeasti tilauksesta asiakkaalle valmistuva tuote puolestaan tuottaa asiakkaan näkökulmasta arvoa. Tehokkuusmatriisissa Lean tarkoittaa tässä yhteydessä sitä, että nämä kaksi tehokkuutta saadaan toimimaan yhdessä ja samanaikaisesti. (Modig & Åhlström, 2012) Näin ollen vaikka resurssikeskeinen tehokkuus onkin massatuotannon perinteinen kulmakivi, ei Lean laiminlyö resursseihin pohjautuvaa tehokkuusajattelua. Lean pikemminkin nostaa

resursseista saatavaa hyötyä lisäämällä virtautukseen liittyvän näkökulman kokonaistehokkuuden kehittämiseen. Kuva tehokkuusmatriisista on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6, Tehokkuusmatriisi (Modig & Åhlström, 2012)

Womack ja Jones (2003) kirjoittavat Leanin suosivan imuohjausta, jolloin tuotteita ja komponentteja tuotetaan ainoastaan tarpeeseen, eikä ollenkaan varastoon. Tämänkaltaisessa ”Just In Time” –ajattelussa tavoitteena on valmistaa tuotteita ainoastaan silloin kun niitä tarvitaan, siihen aikaan kun tuotetta tarvitaan, jolloin pyritään eroon varianssista ja turhista varastoista, sekä pyritään lyhentämään tuotannon läpimenoaikoja. (Womack & Jones, 2003) Goldsbyn ja Martichenkon (2005) mukaan puhtaimmillaan Lean onkin hukan eliminointia, sekä nopeuden ja virtauksen nostamista. Vaikka tämä on hyvin yleistävä päätelmä, Leanin lopullinen päämäärä on nimenomaan poistaa hukkaa kaikista mahdollisista prosesseista. Kaikkien organisaation resurssien tulisi tuottaa suurinta mahdollista hyötyä asiakkaalle ja elinvoimaista tuottoa yritykselle. (Goldsby & Martichenko, 2005)

Antunes et al. (2013) mukaan organisaation prosesseista 5 % tuottaa suoraa arvoa tuotteelle, 35 % eivät tuota arvoa, mutta ovat tarpeellisia tukiprosesseja toiminnan kannalta ja loput 60 % prosesseista eivät tuota lopputuotteelle arvoa ja ovat täten hukkaa. Parantaakseen toimintaansa, tulisikin yritysten keskittyä tehostamaan ja karsimaan tätä 60 % osiota toiminnassaan. (Antunes et al., 2013) Womackin ja Jonesin (2003) mukaan voidaan nähdä seitsemän pääasiallista hukkaa:

- **Ylituotanto**, jossa tuotetaan kysyntää enemmän tuotteita. Ylimääräiset tuotteet jäävät kuluttamaan resursseja, vievät tilaa, tai ne voidaan joutua kokonaan hävittämään. (Womack & Jones, 2003)



- **Virhetilanteet**, joissa jokin ei mene odotusten mukaisesti. Tämä voi tarkoittaa virhettä itse tuotteen viallisuuden lisäksi myös prosessissa tai tiedon jakamisessa. Virheiden korjaamisesta johtuva työ ja siitä seuraava ajallinen ja rahallinen hukka tulisi poistaa. (Womack & Jones, 2003)
- **Varastot**, eli tarpeettoman suuri määrä varastoitavaa materiaalia. Kaikki varastoitava materiaali kuluttaa resursseja, jotka voitaisiin käyttää muihin tarkoituksiin. (Womack & Jones, 2003)
- **Kuljetukset**, eli kaikki materiaalsiirrot, jotka eivät johda arvon tuottamiseen. Kuljetusmatkat ja materiaalin siirtely eri pisteiden välillä tulisi minimoida. (Womack & Jones, 2003)
- **Odottaminen**, eli käyttämättöminä olevat työkoneet ja työttöminä olevat työntekijät, jotka odottavat jonkin osan saapumista tai prosessin vaiheen loppumista. (Womack & Jones, 2003)
- **Liike**, eli tarpeeton liikkuminen, kääntyily ja kurottelu työtehtävän aikana. Kaikki työtehtävän vaatimat asiat tulisi olla helposti saatavilla ilman etsimistä tai tarpeettomia siirtymiä. (Womack & Jones, 2003)
- **Turha työ**, eli tuotannon työvaiheet, jotka ovat vältettävissä ja jotka eivät tuota tuotteelle arvoa. Tällaisissa tilanteissa yrityksen tulisi kysyä, onko jokin tietty prosessi tarkoituksenmukainen tai tarpeellinen. (Womack & Jones, 2003)

Womack ja Jones (2005) kirjoittavat myös Leanin käytöstä asiakastyytyväisyyden suhteen. Heidän mukaansa asiakaslähtöisessä Leanissa tulisi ensinnäkin ratkaista kaikki asiakkaan tuotteisiin liittyvät ongelmat varmistamalla kaikkien tuotteiden ja palvelujen toimivan. Toisena pääasiana on olla tuhlaamatta asiakkaan aikaa. Kolmantena on toimittaa täysin se mitä asiakas haluaa. Neljäntenä on toimittaa se mitä halutaan juuri sinne mihin se halutaan. Viidentenä asiana on toimittaa tämä haluttu asia haluttuun paikkaan juuri sinä aikana kun se halutaan. Viimeisenä pääasiana on jatkuvasti kehittää toimintaa ja hakea ratkaisuja joilla asiakkaan vaivaa ja aikaa voidaan vähentää entisestään. (Womack & Jones, 2005) Tämä jatkuvan kehittämisen sisäistäminen onkin oleellista, sillä Lean ei tarkoita jonkin tietyn tason saavuttamista ja siinä pysymistä. Barac et al. (2010) mukaan Leaniin pyrkivän organisaation tuleekin ymmärtää tämän pyrkimyksen olevan jatkuvaa, eikä ainoastaan yksi rajattu projekti (Barac et al., 2010).

Hyvin yleinen mielikuva on, että Lean koskee ainoastaan tuotantoa ja parantaa siihen liittyviä prosesseja. Vaikka Lean yleistyikin terminä 1990 –luvulla kuvaamaan äärimmäisen tehokasta prosessinhallintaa erityisesti tuotannon puolella, on Womackin ja Jonesin (2005) mukaan Lean sovellettavissa myös tuotannon ulkopuolisten toimintojen tehostamiseen (Womack & Jones, 2005). Goldsbyn ja Martichenkon (2005) kirjassa sovelletaan alkuperäisiä Leanin hukkia ja nähdään seitsemän pääasiallista logistisen toiminnan hukkaa, jotka tulisi saada minimoitua; kuljetus, tilat, aika, pakkaus, hallinnointi, tieto ja turhat varastot (Goldsby & Martichenko, 2005).

**Turhien kuljetusten hukka** tarkoittaa kaluston, operaattoreiden ja muiden siirtoresurssien tehotonta hyödyntämistä. Kuljetusten tulisi olla aikavariansseiltaan pienet ja täyttöasteiltaan suuret. (Goldsby & Martichenko, 2005)

**Tilankäytön hukka** tarkoittaa liian suurta varastointitilaa ja varastointikapasiteettia olemassa olevaan tarpeeseen. Tämä pitää sisällään investoinnit varaston tehokkuuteen, sekä fyysisen varaston koon. Kokonaisuuden kannalta tilankäytöllistä hukkaa tuottaa myös varaston sijainti alueella, joka olisi paremminkin hyödynnettävissä. (Goldsby & Martichenko, 2005)

**Ajankäytön hukka** tarkoittaa tarpeetonta ajankäyttöä ja aikavarianssia jossain logistiikan vaiheessa. Tämä pitää sisällään siirto/keräyskäselyn vastaanottamisen, käselyn prosessoinnin, tarvittavan materiaalin hakemisen, sen lähettämisen ja lopulta saapumisen asiakkaalle. (Goldsby & Martichenko, 2005)

**Turhan pakkaamisen hukka** tarkoittaa tarpeettoman pakkaamisen, haaskaavan pakkaamismateriaalin käytön, heikon pakkaustavan ja liian vähäisen suojaamisen aiheuttamat hukat (Goldsby & Martichenko, 2005).

**Hallinnoinnin hukka** tarkoittaa sopivan hallinnointimäärän löytämistä. Liian suuri ja hidas hallinto-organisaatio tuottaa hukkaa toiminnan tehokkuudelle. Jokaisella hallinnon tasolla viesti muokkautuu ja alkuperäinen aihe hämärtyy. Tarpeetonta hukkaa syntyy myös mikäli toimintaa joudutaan valvomaan johdon kautta sen sijaan että toimintaa ohjaisi valmiiksi määritellyt prosessit. Prosessien toimivuuteen vaikuttaa toisaalta yrityskulttuuri ja henkilöstön luotettavuus ja pätevyys. (Goldsby & Martichenko, 2005)

**Tiedon hukka** on organisaatiossa jo olevan tiedon hyödyntämättä jättämistä, tiedon kasvattamispotentiaalin laiminlyömistä, sekä tiedon katoamista. Organisaatio joka käskää ylhäältä toimintamuutoksia kuulematta alempia portaita hukkaa organisaation tietopotentiaalia jota voisi käyttää päätöksenteon tukena. Organisaation eri osastot voivat joko tahattomasti tai tarkoituksellisesti jättää jakamatta omaa hyödyllistä tietoaan muille osastoille. Henkilöstön taitotasoa tulisi myös aktiivisesti parantaa ja välttää tiedon katoamista osana prosesseja. (Goldsby & Martichenko, 2005)

**Turhan varastoinnin hukka** tarkoittaa tarpeettomana varastoitua materiaalia, joka ruuhkauttaa logistiikkaa ja sitoo tärkeitä resursseja. Varaston inventaaria täytyy hallinnoida, hankkia, vastaanottaa, säilyttää ja vakuuttaa. Lisäksi materiaalille suoritetaan logistiikan ylläpitotoimintoja, kuten varastopaikkojen siirtoja ja yhdistämisiiä, sekä varastosaldojen laskentaa. Nämä kaikki toimet tuottavat ylimääräisiä kustannuksia alkuperäisen hankintahinnan päälle. (Goldsby & Martichenko, 2005)

## 2.3 Six Sigma

Raisinghani et al. (2005) mukaan Six Sigman juuret ovat 1980-luvun laatuajattelun muutoksessa USA:ssa. Motorola keskittyi tehostamaan oman toimintansa laatua, johtuen heikosta laadusta johtuvasta hävikistä ja liiketoimintamahdollisuuksien menetyksestä. Motorolan toimintamuutoksia varten kehitetyt toimet ja menetelmät nimettiin Six Sigma –konseptiksi. (Raisinghani et al., 2005)

Pande et al. (2000) määrittelee Six Sigman olevan kattava ja joustava järjestelmä, joka on luotu saavuttamaan, ylläpitämään ja maksimoimaan liiketoiminnallista menestystä. Six Sigman ajavana voimana on ainutlaatuisella tavalla halu läheiseen ymmärrykseen asiakastarpeiden suhteen, kurinalainen faktojen, datan ja tilastojen analysointi, sekä ahkera keskittyminen liiketoimintaprosessien hallitsemiseen, parantamiseen ja uudelleenkeksimiseen. (Pande et al., 2000) Goldsby ja Martichenko (2005) puolestaan kuvailevat Six Sigman olevan johtamismetodologia joka pyrkii ymmärtämään ja eliminoimaan prosessien negatiivisia vaikutuksia ja variaatioita. Perustuen koulutetuista ammattilaisista koostuvaan infrastruktuuriin, Six Sigma toimittaa ongelmanratkaisumallin, aseistettuna asiakkaan äänellä ja tilastollisilla prosessinhallintatyökaluilla. (Goldsby & Martichenko, 2005) Six Sigma voidaankin siis nähdä laatutyökaluna, jonka tarkoituksena on poistaa varianssia toiminnasta, keskittyen asiakastyytyväisyyteen. Osana tätä filosofiaa on ”Six Sigma laatu”, joka Fursule et al. (2012) mukaan on laadullinen taso, jossa tapahtuu alle 3,4 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta kohden (Fursule et al., 2012).

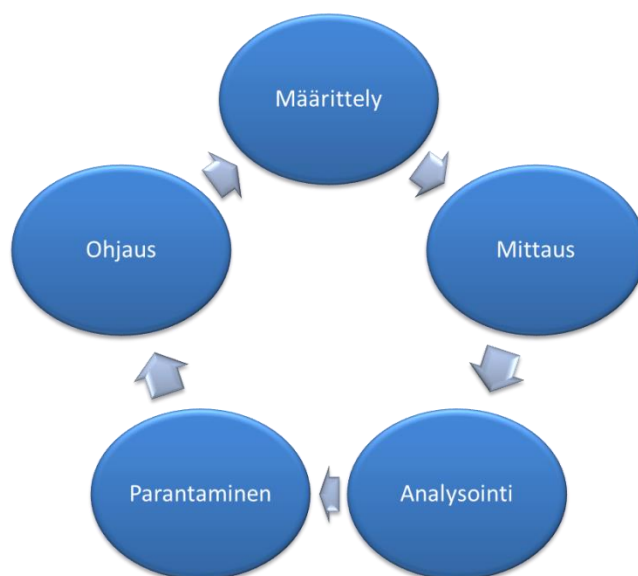
Pande et al. (2000) mukaan Six Sigman johtamisjärjestelmän elementit voidaan jakaa kuuden eri teeman alle. Ensimmäisenä teemana on aito keskittyminen asiakkaaseen, jolloin asiakaskeskeisyydestä tulee ensisijainen tavoite. Toisena teemana on dataan ja faktoihin perustuva johtaminen, jossa keskitytään vastaamaan kysymyksiin ”Mitä dataa ja tietoa minä todella tarvitsen?” ja ”Kuinka voin käyttää tuota dataa ja tietoa maksimaalisen hyödyn saamiseksi?”, sen sijaan että päätöksenteko perustuisi oletuksiin tai mielipiteisiin. Kolmas teema on prosessikeskeisyys, jolloin toiminta pyritään jakamaan hallittuihin prosesseihin, joita puolestaan tehostetaan ja parannetaan. Neljäntenä teemana on ennakoiva johtaminen, jonka tarkoituksena on estää kriisien tapahtuminen sen sijaan että luodaan tehokas mekanismi vastaamaan syntyneisiin kriiseihin. Viidentenä teemana on rajaton yhteistyö, jossa pyritään yhdistämään eri ryhmiä ja organisaatioita toimimaan yhteisen päämäärän eteen keskinäisen kilpailun sijaan. Tähän kuuluu sekä yrityksen sisäisten osastojen yhteistoiminta, asiakkaiden kanssa tapahtuva yhteistoiminta, sekä toimittajien kanssa tapahtuva yhteistoiminta. Kuudentena teemana esitetään epäonnistumisen salliminen. Päästäkseen lähelle Six Sigman tavoitteita, tulee yrityksen toimeenpanna useita ideoita ja uusia lähestymistapoja. Näihin uudistuksiin liittyy aina riski epäonnistumisesta, mutta

kehitysaskelia ei tulisi jättää toteuttamatta epäonnistumisen pelon vuoksi. (Pande et al., 2000)

Pyzdekin (2002) ja Pande et al. (2000) mukaan Six Sigma käyttää hyväkseen yksinkertaista toiminnan parantamiseen keskittyvää mallia nimeltä DMAIC. Goldsby ja Martichenko (2005) kuvailevat DMAIC:in olevan toimintasuunnitelmakartta tai askel-askeleelta lähestymistapa ymmärtämään ja parantamaan organisaation haasteita. Tämän mallin avulla Six Sigma –koulutetut henkilöt toteuttavat projekteja, joiden tarkoituksena on saavuttaa Six Sigma –tason laatu. (Goldsby & Martichenko, 2005) DMAIC muodostuu sen viidestä eri vaiheesta, eli Define, Measure, Analyze, Improve ja Control.

- **Define**, eli määrittelyvaiheessa, määritellään tavoitteet tehtäville kehitystoimille. Lisäksi selvitetään käytettävissä olevat resurssit, projektin rajaukset, sekä karkea aikataulutus.
- **Measure**, eli mittausvaiheessa, määritellään mitä mitataan, millä menetelmillä ja mitä mittareita käytetään. Tämän jälkeen mitataan ja tilastoidaan nykytoimintaa ja sen tehokkuutta.
- **Analyze**, eli analysointivaiheessa, tutkitaan saatuja tuloksia ja pyritään tunnistamaan tapoja kuroa umpeen nykytilanteen ja tavoitteiden välinen ero. Tämä perustuu vahvasti tunnistettujen ongelmien juurisyiden tunnistamiseen ja poistamiseen.
- **Improve**, eli parantamisvaiheessa, toteutetaan edellisen vaiheen tuottamia parantamistapoja. Eri tapoja voidaan pilotoida ja testata, kunnes lopulta saadaan implementoitua tarvittavat muutokset tavoitteiden saavuttamiseksi.
- **Control**, eli ohjausvaiheessa, hallitaan uutta prosessia ja seurataan tehtyjen muutosten vaikutuksia prosessin toimintaan. Seurantaan kuuluu tehdyistä muutoksista kiinni pitämisen valvonta, sekä lopullisten tulosten vertaaminen toimintaan ennen tehtyjä muutoksia.

Seurannasta seuraava askel on valmistautua uusien tavoitteiden ja parannustapojen tunnistamiseen, jolloin prosessi alkaa jälleen alusta. (Pyzdek, 2002; Pande et al., 2000) DMAIC-prosessi on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7, DMAIC –menetelmä (Pande et al., 2000)

Six Sigma on Goldsbyn ja Martichenkon (2005) mukaan pohjimmiltaan varianssin vähentämistä, ja varianssin vähentäminen on erityisen tärkeässä asemassa logistiikan henkilöille. Logistiikka on pääasiallisesti inventaarion hallintaa, joka puolestaan on lähinnä varianssin hallintaa. Puskurivarastot ovat paras esimerkki siitä, kuinka logistiikassa joudutaan varautumaan tuntemattomaan varianssiin. Tämä varianssi muodostuu muun muassa toimittajien laadusta, kuljetusten luotettavuudesta, tuotantoprosessin kyvykkyydestä, sekä asiakkaiden vaatimusten muutoksista. Toisin sanoen, mikäli on mahdollista ymmärtää ja hallita varianssia prosesseissamme aina toimittajalta logistiikan asiakkaille asti, on mahdollista vähentää riippuvuutta puskureihin toimitusvarmuuden säilyttämiseksi. (Goldsby & Martichenko, 2005)

## 2.4 Varastoturvallisuus

Britanniassa toimivan HSE:n eli Health and Safety Executiven (2006) julkaiseman työturvallisuusohjekirjan mukaan investoiminen työturvallisuuteen ja henkilöstön terveyteen hyödyttää organisaatiota, sillä tapaturmat kuluttavat sekä rahaa että aikaa. Henkilöstö ei ole täysivahvuisena töissä, materiaalia voi vahingoittua ja uutta henkilöstöä täytyy kouluttaa. Epäturvallinen ympäristö voi myös vähentää organisaation haluttavuutta työnantajana. (Health and Safety Executive, 2006)

USA:n työturvallisuushallintoon kuuluva OSHA eli US Occupational Safety & Health Administration (2004) toteaa vakavien tapaturmien ja kuolemantapausten olevan suhteellisesti todennäköisempiä varastologistiikassa maan teollisuuden keskiarvoon verrattuna. OSHA:n mukaan suuria vaaratekijöitä varastoturvallisuudessa ovat epäturvallinen trukikäyttäytyminen, vääränlainen materiaalin pinoaminen, oikeiden henkilökohtaisten suojavälineiden käyttämättä jättäminen, oikeaoppisten lukitusten käytön laiminlyöminen, tarpeettomat tulipaloturvallisuuden tarpeet, sekä toistuvasta liikkeestä johtuvat vammautumiset. (OSHA, 2004) USA:n Bureau of Labor Statisticsin (2015) mukaan vuonna 2003 tapahtui USA:n julkisissa varastoissa 14190 tapaturmaa. Suurimpana tekijänä 34 % liittyi varastointituotteeseen kuten laatikkoon, konttiin tai lavaan. 13,4 % johtui henkilön omasta liikkeestä, kuten vääränlaisesta nostotekniikasta. Kolmanneksi ja neljänneksi suurimmat syyt olivat ajoneuvoihin liittyvät tapaturmat, sekä käytäviin liittyvät tapaturmat, kuten liukastumiset ja kaatumiset. Molempien prosenttiosuus kaikista tapaturmista oli 12,8 %. (US Bureau of Labor Statistics, 2015)

Health and Safety Executiven (2006) mukaan riskit ovat osa jokapäiväistä elämää, eikä kaikkia riskejä voi koskaan täysin eliminoida. Paras toimintatapa onkin keskittyä havaitsemaan ne keskeisimmät riskit jotka vaikuttavat omassa organisaatiossa, arvioida niiden vaikutukset ja todennäköisyydet, sekä pyrkiä minimoimaan näiden riskien toteutumista. Riskiä arvioitaessa tulisi kysyä kuinka vakava syntyvä haitta olisi, kuka riskistä voisi vahingoittua ja kuinka todennäköinen riskin toteutuminen on. Näitä kysymyksiä seuraa usein vaikein työturvallisuuteen liittyvä kysymys; tulisiko toteuttaa

uusia toimia riskin hallitsemiseksi? Kuten aikaisemmin jo todettiin, ei kaikkia riskejä voi ikinä poistaa täysin. Suhteellisen pienen epätodennäköisen riskin poistamiseksi ei välttämättä ole perusteltua tehdä suurta investointia turvallisuuteen. Epätodennäköisyydestä riippumatta riskillä on kuitenkin mahdollisuus tapahtua, jonka jälkeen organisaation on kannettava vastuu toteuttamatta jätetyistä turvallisuustoimista. (Health and Safety Executive, 2006) Metso Automation käyttää tehtaallaan HSE-monitoria riskien arvioinnissa ja vaaratilanteiden tutkinnassa. HSE-monitorissa riskien vakavuuden arvioinnin tukena käytetään hyväksi matriisia, jossa tekijöinä ovat uhan toteutumisen todennäköisyys suhteessa toteutuneen uhan vakavuuteen. (Helsingin tehdas, 2014) Tämä matriisi on nähtävissä kuvassa 8.

| Riskimatriisi BLOCK RISK MATRIX HELP     |   |                                    |                              |                                      |                                       |   |
|--|---|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Uhan toteutumisen todennäköisyys 1 - 5   | Hyvin todennäköinen (enemmän kuin kerran vuodessa) 5        | Siedettävä riski 5                 | Kohtalainen riski 10         | Merkittävä riski 15                  | Huomattava riski 20                   | Sietämätön riski 25                       |
|  | Melko todennäköinen (kerran 5 vuodessa) 4                   | Siedettävä riski 4                 | Kohtalainen riski 8          | Merkittävä riski 12                  | Merkittävä riski 16                   | Huomattava riski 20                       |
|  | Lievästi todennäköinen (kerran 10 vuodessa) 3               | Siedettävä riski 3                 | Kohtalainen riski 6          | Kohtalainen riski 9                  | Merkittävä riski 12                   | Merkittävä riski 15                       |
|  | Epätodennäköinen (kerran 30 vuodessa) 2                     | Mitaton riski 2                    | Siedettävä riski 4           | Kohtalainen riski 6                  | Kohtalainen riski 8                   | Kohtalainen riski 10                      |
|  | Hyvin epätodennäköinen (vähemmän kuin kerran 50 vuodessa) 1 | Mitaton riski 1                    | Mitaton riski 2              | Siedettävä riski 3                   | Siedettävä riski 4                    | Siedettävä riski 5                        |
|  |   | Vahainen (alle 3 pv poissaoloja) 1 | Lievä (3-9 pv poissaoloja) 2 | Tuntuva (10 pv - 3 kk poissaoloja) 3 | Vaikea (3kk - 1 vuoden poissaoloja) 4 | Hyvin vaikea (yli 1 vuoden poissaoloja) 5 |
| Seurausten potentiaalinen vakavuus 1 - 5 |   |                                    |                              |                                      |                                       |   |

Kuva 8, Riskimatriisi (Helsingin tehdas, 2014)

Kun riittävän vakava riski on havaittu, tulee päättää vastauksen taso. Havaitun yksittäisen riskin eliminointi täysin vaatii usein rakenteellisia, laitteellisia tai prosessia muuttavia muutoksia, joiden toteuttaminen on usein pitkän aikavälin projekti. Seuraavaksi tehokkain tapa on vaihtaa havaittu riski pienempään riskiin vaihtamalla toimintatapaa tai kalustoa sellaiseksi, että alkuperäinen riski poistuu mutta sen tilalle tulee toinen hyväksytympi riski. Kolmas tapa on erottaa riskitekijä henkilöistä esimerkiksi suojien tai kaiteiden avulla. Neljäs tapa on luoda uusi ohjeistus tai uudelleenkouluttaa henkilöstöä välttämään riskiä. Tämä on nopein, mutta myös tehottomin keino, sillä riskin säilyessä tulee ohjeistuksen noudattamista yhä valvoa ja ohjeistusta laiminlyöväälle henkilölle riskiin ei ole tullut parannusta. (Health and Safety Executive, 2006)

Riskiin vastaamisen jälkeen tulee yhä toteuttaa jälkiseuranta. Kaikkien tulisi olla tietoisia henkilöistä jotka ovat vastuussa eri tekijöistä, jolloin riskitekijöihin liittyvissä lähtelä piti –tilanteissa ja tapaturmatilanteissa juurisyiden tutkinta saadaan aloitettua nopeasti. Työpaikalla tulisi myös tehdä jatkuvia tarkastuksia joissa varmistetaan vastauksen toimiminen riskin ehkäisyksi, sekä se, ettei ratkaisu ole tuottanut uusia vakavia riskejä. Työpoissaoloja seuraamalla voidaan tarkastaa voisiko poissaoloista löytyä malli joka johtaisi entuudestaan tuntemattoman riskin löytämiseen. Vanhoihin riskeihin voi olla myös hyvä palata muutaman vuoden välein ja tarkastaa ollaanko yhä parantamassa toimintaa kyseisen riskin osalta, tai että ainakaan ei lipsuta taaksepäin riskin hallinnassa. (Health and Safety Executive, 2006)

## **2.5 Osallistaminen**

Jo Kenraali Patton (1947) sanoi ”Älä koskaan kerro ihmisille kuinka tehdä asioita. Kerro heille mitä tehdä, ja he yllättävät sinut kekseliäisyydellensä.” (Patton & al., 1947) Käytännössä tämä lainaus on ymmärrettävissä ajatuksena, jossa vaikka ylempi johto laatii strategian, on strategian jalkauttamisessa ja toteuttamisessa suuri painoarvo myös alemman organisaatioportaan henkilöillä, joilla on todennäköisesti omasta alueestaan ylempää johtoa korkeampi tuntemus. Tähän liittyy vahvasti yrityksen henkilöstön hiljaisen tiedon hyödyntäminen. Metso Automation käyttää hiljaisen tiedon hyödyntämisessä Opera –nimistä menetelmää.

### **2.5.1 Hiljainen tieto**

Nonakan ja Takeuchin (1995) mukaan tieto voidaan jakaa eksplisiittiseen ja hiljaiseen tietoon. Heidän käyttämänsä määritelmän mukaan eksplisiittinen tieto on havaittavissa ja dokumentoitavissa olevaa tietoa, joka voidaan esittää sanoin ja numeroin. Tämänkaltaista tietoa on helppo monistaa, varastoida ja jakaa. Eksplisiittinen tieto myös säilyy yrityksissä, vaikka työntekijöitä poistuisi organisaatiosta. Hiljainen tieto puolestaan on henkilökohtaista tietoa ja kokemusta, joka on sitoutunut henkilöihin. Tämänkaltaista tietoa on hankala jakaa toisille ihmisille tai dokumentoida eksplisiittiseksi tiedoksi. Henkilöön sitoutunut hiljainen tieto myös katoaa yrityksestä kyseisen henkilön poistuessa organisaatiosta. (Nonaka & Takeuchi, 1995) Choo (2006) lisää eksplisiittisen ja hiljaisen tiedon lisäksi vielä kolmannenkin ulottuvuuden; kulttuurisen tiedon. Kulttuurinen tieto tarkoittaa jaettuina toimintaa ohjaavia oletuksia, arvoja ja uskomuksia ryhmän sisällä. Tätä tietoa on vaikea kirjata ylös, mutta leviää yhteisöön kuuluvien henkilöiden välisten vuorovaikutusten kautta. Kulttuurinen tieto muovaa työyhteisön asennoitumista työtään, yritystään ja tiedon jakamista kohtaan. Kollektiivisena yhteisön tietona kulttuurinen tieto ei myöskään katoa yrityksestä mahdollisten henkilöstömuutosten seurauksena. (Choo, 2006)

Ståhle ja Grönroos (1999) tuovat esille hiljaisen tiedon tärkeyttä argumentoimalla hiljaisen tiedon olevan yrityksen arvokkain voimavara. Heidän arvionsa mukaan

eksplisiittisen tiedon osuus yrityksen kilpailukyvystä on korkeintaan vain 5 % loppujen 95 % perustuen muihin tiedon muotoihin. (Ståhle & Grönroos, 1999) Kestin ja Syväjärven (2013) mukaan henkilöstöpääoma onkin yksi tärkeimmistä vaikuttajista organisaatioiden suorituskykyyn ja tuottavuuteen (Kesti & Syväjärvi, 2013). Päätöksentekoa ei siis tulisi jättää ainoastaan laskettavissa olevan tiedon varaan. Laihonen et al. (2013) korostaa myös inhimillistä panosta tiedon merkityksen arvioinnissa. Johtopäätösten tekeminen sirpaleisen aineiston perusteella ei onnistu ainoastaan teknologisiin sovelluksiin nojautumalla. Hänen mukaansa mitä kvalitatiivisempaa aineisto on, sitä enemmän ihmisen rooli sen tulkinnessa korostuu. (Laihonen et al., 2013) Snell (2011) tukee tätä käsitystä sanomalla organisaation olennaisimman tiedon olevan sen työntekijöissä (Snell, 2011).

Sydänmaanlakan (2007) mukaan organisaatioissa on kuitenkin usein ongelmana, ettei johto aina tiedä mitä tietoa organisaatiossa on. Organisaation toiminnalle oleellinen tieto on hankittu rekrytointien, koulutusten ja kokemusten kautta, mutta tietoa ei aina tavoiteta niiden toimesta, jotka kyseistä tietoa tarvitsisivat. Ongelmaan voidaan vastata sillä, että tieto tehdään näkyväksi ja saatetaan kaikkien ulottuville. (Sydänmaanlakka, 2007) Näin ollen projektia toteuttaessa henkilöstö tulisi osallistaa päätöksentekoon ja suunnitteluun. Eksplisiittisen tiedon pohjalta tehdyt päätökset on myös perusteltua validoida henkilöstön kautta, jotta henkilöstön hiljainen tieto voidaan hyödyntää. Nonaka ja Takeuchi (1995) kertovat ihmisillä olevan paljon hiljaista tietoa, jota he eivät välttämättä edes tiedosta tai osaa ilmaista, mutta joka näkyy heidän toiminnassaan erilaisina tapoina, rutiineina, käytöntöinä ja tuntemuksina (Nonaka & Takeuchi, 1995). Jotta siis voidaan hankkia uutta tietoa tai validoida aikaisempia tuloksia, tulisi henkilöstöä auttaa tuomaan esille omaa hiljaista tietoaan. Tämän vuoksi on suositeltavaa käyttää erilaisia menetelmiä tai toimintamalleja, joiden avulla voidaan hyödyntää ja käyttää ihmisiin sitoutunutta hiljaista tietoa ja kokemusta.

## 2.5.2 Opera

OPERA on konsulttiyritys Innotiimin (2014) luoma ryhmätyöskentelyn metodologia, jossa yhdistetään systemaattista toimintaa luovaan ongelmanratkaisuprosessiin. Yhdessä näistä saadaan osallistujien paras tietämys ja kokemus hyödynnettyä ongelmien ratkomisessa. OPERA –kokous alkaa ratkaistavan ongelman esittelemisellä. Kokouksen johtaja tai koolle kutsuja esittelee ongelman, miksi se on tärkeä ja miten se liittyy ryhmään. Tämän lisäksi osallistujille jaetaan kokouksessa tarvittava materiaali, eli paperia ja kyniä. Itse OPERA:n vaiheita on viisi. (Innotiimi, 2014)

1. ”Own suggestions”, eli omat ehdotukset. Jokainen kokouksen osallistuja saa lyhyen ajan miettiä itsenäisesti ajatuksia ja ideoita ongelmaan liittyen. Tänä aikana ei keskustella vaan kaikki tapahtuu yksilötasolla. Omat ideat ja ajatukset kirjataan jaetulle paperille vapaamuotoisesti. (Innotiimi, 2014)



2. ”Pair suggestions”, eli parikeskustelut. Kokouksen osallistujat jakautuvat pareihin tai pieniin ryhmiin, joissa he käyvät lävitse omat edellisessä vaiheessa kirjoittamansa asiat. Pari tai ryhmä valitsee tämän jälkeen yhteisesti omasta mielestään keskeisimmät ja parhaimmat ideat ja ajatukset. Nämä kirjataan yksinkertaisina lauseina kukin idea omalle paperilleen. (Innotiimi, 2014)
3. ”Explanation stage”, eli selitysvaihe. Jokainen pari tai ryhmä tulee vuorollaan kaikkien eteen ja kiinnittää edellisessä vaiheessa valmistamansa paperit taululle. Ryhmä esittelee valintansa, kertoo mitä ne pitävät sisällään ja perustelevat valintansa. Tänä aikana ryhmän esitystä ei kritisoida. Tässä vaiheessa ei haittaa vaikka ryhmän esille nostama asia olisi jo taululla jonkin toisen ryhmän toimesta. (Innotiimi, 2014)
4. ”Ranking”, eli arvotusvaihe. Jokainen pari tai ryhmä keskustelee nyt keskenään taululla olevista ideoista ja ajatuksista. Päätettyään mielestään keskeisimmät paperit, merkitään kyseisiin papereihin piste. Jokaisella parilla tai ryhmällä on rajattu määrä annettavia pisteitä ja jokaiselle ehdotukselle voi antaa vain yhden pisteen. (Innotiimi, 2014)
5. ”Arranging”, eli järjestelyvaihe. Kokouksen johtaja järjestee lopuksi samat tai samankaltaiset ajatukset ryhmittäin teemoiksi taululla. Näiden teemojen sisäisesti pisteet voidaan laskea yhteen jolloin idealtaan samankaltaiset eivät vie toisiltaan pisteitä. (Innotiimi, 2014)

Tällä menetelmällä saadaan siis esille ryhmän parhaat ideat, jotka on validoitu koko ryhmän voimin. Kokouksessa käytetty aika on tehokasta ja tyypillisimmiltä ajallista hukkaa tuottavilta asioilta välttyään. Kokouksissa välttyään väittelyiltä siitä kuka on oikeassa ja kuka väärässä, sekä epäoleellisuuksien käsittelyltä. Tulos on myös kollektiivinen ja strukturoitu, eikä hiljaisemman osallistujan ideoita marginalisoida kovaäänisen puhujan toimesta yhtä vahvasti kuin perinteisessä kokouksessa. (Innotiimi, 2014)

### 3 NYKYTILAN ANALYSOINTI

Nykyistä tehdasta edeltäneen Roihupellon tehtaan tuotanto oli jaettu selkeästi funktionaalisesti komponenttitehtaisiin, yhdistelmäkokoonpanoon ja näitä tukeviin erillisiin varastoihin. Metso Automationin käyttämä M3-toiminnanohjausjärjestelmä rakennettiin tämän vanhan funktionaalisen jaon pohjalta. Tehtaan muuttaessa Hakkilaan vuonna 2010 suunniteltiin uusi layout funktionaalisella rakenteella, jossa oli otettu askelia virtautettua tuotantoa kohti. Kuvassa 9 on esitetty Hakkilan tehtaan vanha layout tehdasmuuton jälkeen.



Kuva 9, Tehtaan vanha layout

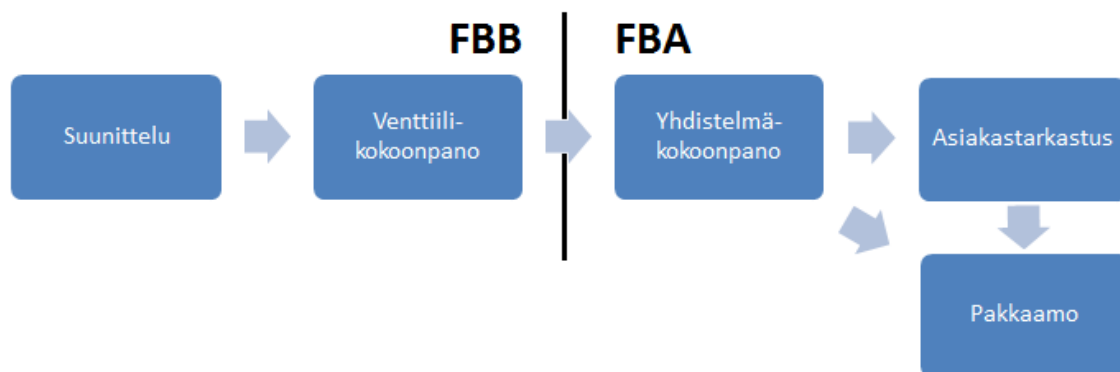
Tehdas on jaettu eri osastoihin ja kahteen pääasialliseen varastoon. Nämä on puolestaan jaettu ERP -järjestelmässä kahdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi, FBA -tehtaaksi, sekä FBB -tehtaaksi. Nämä tehtaot ovat järjestelmämielessä täysin erilliset tehtaot, verrattavissa toisissa maissa sijaitseviin Metson tehtaaisiin. Karkeasti jaettuna kaikki komponenttituotanto ja venttiilituotanto sijaitsee FBB -alueella. Venttiiliyhdistelmän

loppukokoonpano, asiakastarkastus, sekä pakkaamo/lähetäjä –toiminta tapahtuu puolestaan FBA –alueella. FBA ja FBB –varastot toimivat tässä layoutissa hubeina, joihin osastot lähettävät valmistamiaan komponentteja.

Metso Automationin Helsingin tehtaan tapauksessa varastologistiikka on verrattavissa varaosavaraston toimintaan, sillä työpajaperiaatteella toimivassa organisaatiossa kaikkia tarvittavia osia ei voida aina ennustaa, vaan joidenkin tuotteiden osalta ylläpidetään tarvittavaa osavaliikoimaa. Huiskosen (2001) mukaan tämänkaltaisen varaston logistiikan suunnittelu tuottaa suuria haasteita; varaston osien määrien on oltava riittävät, osien kysyntä vaihtelee, sitä on vaikea ennakoida, ja yksittäisten osien hinta voi olla erittäin suuri. Koska varaston tehtävänä on toimittaa osia tarpeen mukaisesti, tulisi tarvittavia osia aina olla saatavilla varastossa. Tämä yhdistettynä hankalaan kulutuksen ennakkointiin luo painetta löytää sopiva tasapaino varastomäärissä, jotta kulutuspiikkeihin kyettäisiin reagoimaan ajoissa, mutta varastoon ei sitoutuisi suhteettoman paljon pääomaa. Joitain standardimaisia laajalti saatavilla olevia osia on mahdollista hankkia tarvittaessa nopeasti lisää monilta eri toimijoilta, kun taas joidenkin erikoisosien saatavuus voi olla erittäin heikko. (Huiskonen, 2001) Tämänlaisen varaston osat voivat olla muodoltaan ja kooltaan hyvin erilaisia, esimerkiksi FBA –varastossa voi yksittäinen nimike olla kokonainen yhdistelmäkokonaisuus, tai pieni yksittäinen aluslaatta. Eri nimikkeitä voi varaston tarkoituksesta ja koosta riippuen olla myös valtava määrä, jolloin onnistunut varastohallinta ja saldojen luotettavuus ovat keskeisissä rooleissa etsittäessä jotakin tiettyä nimikettä.

### 3.1 Vanha tuotantoprosessi

Stock- ja Jamesbury-yhdistelmissä tuoterakenteet ovat pitkälle vakioituja ja näissä arvovirroissa tuotantoprosessi käsittää loppukokoonpanon varastosta löytyvistä vakiokomponenteista. Stock- ja Jamesbury-streameja varten tuotetaan toimilaitteita Helsingin tehtaalla vain poikkeustapauksissa. ATO –streamin tuotannossa tarjotaan laajempi valikoima tuoterakenteeseen ja toimilaitteet tuotetaan tehtaalla, mutta komponentit ovat yhä pitkälle standardoituja. Special –stream toimii samoin kuin ATO –stream, mutta yksittäisiä osia räätälöidään tarvittaessa jo olemassa olevien nimikkeiden ulkopuolelta täyttämään asiakkaan vaatimukset. Tällöin yksilöityjä mittatilausosia tuotetaan alihankkijoilla ja tehtaan omissa koneistamoissa pienerissä tai yksittäisinä. ATO ja Special -arvovirroissa tuotetaan asennoitin, valmis venttiili ja toimilaite FBB –puolella, jonka jälkeen kaikki kootaan venttiiliyhdistelmäksi FBA –puolella. Venttiiliyhdistelmän yksinkertaistettu tuotantoprosessi on esitetty kuvassa 10.



**Kuva 10, Venttiiliyhdistelmän tuotantoprosessi**

Yksinkertaistettuna FBA ja FBB –varastoille oleellinen yhdistelmän tuotantoprosessi alkaa vastaanotosta. Tavarahan vastaanotto ottaa vastaan materiaalia, puolivalmisteita ja alihankittuja komponentteja. Tarkastusta vaativat tavarat kulkevat vielä vastaanottotarkastuksen kautta. Materiaalia toimitetaan varaosiin, FBA –varastoon, FBB –varastoon, sekä osastoille. Kiireellisissä tapauksissa materiaalia voidaan myös ajaa suoraan tuotantopisteille ja työkoneille.

FBB –varastoon varastoidaan alihankinnasta ja osastoilta tulevat venttiilien komponentit. Sisäisten osastojen tuottamista komponenteista laippatehtaan, suljinkoneistuksen ja tiivistekoneistuksen tuottamat valmiit osat varastoidaan FBB –varastoon. Kun kaikki tilauksen venttiilin vaatimat osat löytyvät tietojärjestelmän mukaan varastosta, vapautetaan keräys ja tulostetaan keräyskortti. Tulevan venttiilin tarvitsemat osat kerätään ja siirretään venttiilikokoonpanoon.

Venttiilikokoonpanossa kerätyistä osista kootaan venttiili, joka koeponnistetaan, eli venttiili altistetaan paineelle. Tällöin nähdään kestäkö venttiilin pesä painetta ja riittääkö venttiilin tiiveys. Osa venttiileistä on tässä vaiheessa valmiita siirtymään FBA –puolelle, ja osa vaatii vielä maalauksen maalaamossa. Maalauksen jälkeen myös nämä venttiilit siirtyvät varastosiirrolla yhdistelmäkokoonpanon varastoon FBA –puolelle. FBA –varastoon varastoidaan myös toimilaitetehtaan ja asennoitintehtaan valmistamat tuotteet. Kaikki toimilaitetehtaan valmiit toimilaitteet kulkevat maalaamon kautta FBA:lle. Kun FBA –varastossa on tietojärjestelmän mukaan kaikki tilauksen vaatimat osat, tapahtuu toinen keräyksen vapauttaminen ja keräyslistan tulostuminen. FBA –varastosta kerätään yhdistelmän vaatimat osat ja keräys toimitetaan yhdistelmäkokoonpanoon.

Yhdistelmäkokoonpanossa toimilaite, venttiili ja asennoitin yhdistetään toisiinsa, tehdään putkitukset, liitokset ja instrumentointiasennukset ja testataan valmiin yhdistelmän toimivuus. Riippuen sopimuksesta siirtyy valmis tuote joko suoraan pakkaamoon, tai asiakastarkastukseen odottamaan asiakkaan valtuuttaman henkilön tarkastusta. Sopimuskohtaisesti tuotannon eri vaiheissa tai asiakastarkastuksen

yhteydessä saattaa asiakas vaatia ylimääräisiä testejä varmistaakseen valmiin tuotteen toimivuuden. Tämänkaltaisia testejä ovat esimerkiksi kylmätestaus, happitestausta tai rasiustestausta.

Heavy –puolen tuotantoprosessi on samankaltainen edeltävän prosessin kanssa, mutta suurten ja hankalasti siirrettävien ja varastoitavien tuotteiden vuoksi Heavy –tuotanto on eriytetty omaksi kokonaisuudekseen tehtaan pohjoispuolelle. Heavy –puolella on oma varastokokonaisuutensa, jonka lisäksi FBA- ja FBB –varastoissa varastoidaan osaa Heavy –tuotannon tarvitsemista osista jotka ovat yhteisiä muun tuotannon kanssa.

### **3.2 Vanhat varastot**

Metson tehtaan sisälogistiikan operoimat varastot toimivat keskeneräisen tuotannon välivarastoina ja lyhyen läpimenoajan vaatimien tuotteiden osien puskurivarastona. Varastoissa säilötään siis puolivalmisteita joita on tuotettu tehtaan sisällä, sekä pidetään osavaliokimaa jonka avulla voidaan tavallisimmat keräykset toteuttaa nopeasti tuotantoa varten. Meriteitse kontissa saapuva materiaali ohjautuu pääsääntöisesti Metson logistiikkakumppanin varastoon, joka toimii tehtaan varastoa täydentävänä varastona. Kumppanin varastosta tilataan täydennyksiä Metson varastossa säilöttävälle nimikkeille, sekä tilataan tilauskohtaisia osia suoraan keräyksille. Lähetetystä keräyspyynnöstä laskettuna keräyksen osat ovat varaston hyllytettävissä ja käytettävissä 2-3 tunnin sisällä.

Tehtaan oma sisälogistiikka operoi FBA ja FBB –varastoja, joissa on yhteensä noin 2400 lavapaikkaa 6 metriä korkeissa lavahyllyissä. Ensimmäiseen kahteen tasoon on useimmissa lavahyllyväleissä asennettu vetotaso, jolloin alimpien tasojen lavojen käsittelyä varten ei ole välttämätöntä käyttää trukkia. Hyllyvälit ovat leveydeltään pääasiassa kolmen lavan levyisiä, jonka lisäksi vähemmissä määrin hyödynnetään myös kahden lavan levyisiä lavahyllyjä. Selät vastakkain asennettujen hyllyrivien välissä ei ole mitään suojia, mutta turvallisuussyiden vuoksi niissä lavahyllyissä, joiden takana ei ole rakenteita, on asennettuna suojaverkko, joka estää lavojen putoamisen lavahyllyn taakse. Molemmissa varastoissa on lisäksi perinteinen pientavarahyllystö, yhteensä noin 1700 juoksumetriä kahdessa kerroksessa. Molempiin pientavarahyllystöihin on ensimmäisessä kerroksessa estämätön pääsy käytäville, ja kulku toiseen kerrokseen tapahtuu portaiden kautta. Molemmissa varastoissa on myös yksi pateri. Metson hyödyntämän ulkopuolisen logistiikkayrityksen varaston koko on noin 9000 lavapaikkaa.

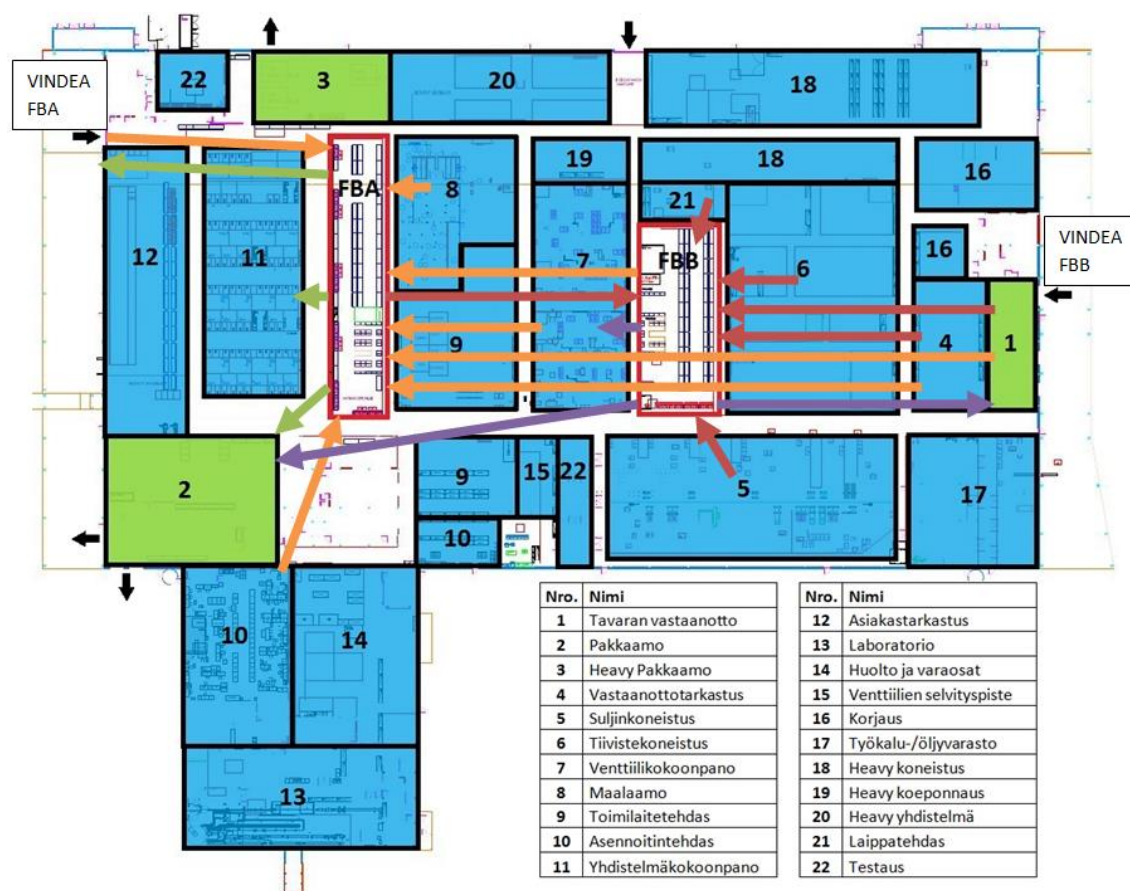
Varastoissa toimii logistiikkaorganisaation alaisuudessa yhteensä 6 varastomiestä. Tämän lisäksi varastoissa toimii CO-keräilyn työnjohtajan alaisuudessa 3 keräilijää, sekä arvovirtojen työnjohtajien alaisuudessa olevat 11 keräilijää, jotka keräilevät pääsääntöisesti oman arvovirtansa keräilyä. Lisäksi Special –arvovirran Heavy

tuotannon keräilijät hakevat osan omista keräilyistään FBA ja FBB varastoista, toimien Heavyn työnjohdon alaisuudessa.

Varastoissa yleisin käytettävä trukkikalusto on 8 kpl istuen ajettavia tukipyörätrukkeja, joiden nostokyky on 1600 kg ja nostokorkeus 6,3 m, sekä 5 kpl seisoen ajettavia tukipyörätrukkeja, joiden nostokyky on 1600 kg ja nostokorkeus 5,3 m (Toyota, 2014 ; Rocla, 2014). Lisäksi FBA –varastossa on kaksi työntömastotrukkia joiden nostokyky on 1600 kg ja nostokorkeus 6,2 m (Toyota, 2014). Seisoen ajettavalla kalustolla ei voida käsitellä ylimmän hyllytason lavoja.

### 3.2.1 FBA ja FBB –varastojen materiaaliavirrat

Molempiin tehtaan sisälogistiikan varastoihin kohdistuu useita eri materiaaliavirtoja tehtaan eri osastoilta. FBA –varastoon saapuu yhteensä seitsemän pääasiallista materiaaliavirtaa, ja sieltä lähtee neljä pääasiallista virtaa. FBB –varastoon saapuu puolestaan kuusi pääasiallista virtaa, ja varastosta lähtee neljä pääasiallista virtaa. Pääasialliset materiaaliavirrat on esitetty kuvassa 11. FBA –varaston saapuvat virrat on merkitty oranssilla ja lähtevät vihreällä värillä. FBB –varaston saapuvat virrat on puolestaan merkitty punaisella värillä ja lähtevät violetilla värillä.



Kuva 11, Tehtaan varastoille oleelliset materiaaliavirrat

FBB –varastoon saapuu materiaalia tavarahan vastaanotosta ja vastaanottotarkastuksesta pääsääntöisesti AGV –vaunuilla ja perinteisillä trukeilla. Materiaali otetaan vastaan varaston eteläpäässä sijaitsevan hyllyrivin kautta, joista kaksi ensimmäistä riviä ovat käsiteltävissä molemmilta puolilta. Materiaalia voidaan myös tuoda lattiapaikalle FBB –varaston vastaanottoalueelle. Näiltä paikoilta varastomies ottaa tuodun lavan, jossa on yhtä tai useampaa tuotetta, yksi tai useampi kappale, mukanaan nimiketiedot sisältävät dokumentit. Varastomies siirtää nämä tuotteet joko lavahyllyyn tai pientavarahyllystään ja kuittaa siirron valmiiksi käsipäätteellään nimikkeiden ollessa hyllyssä. Suljinkoneistuksesta ja laippatehtaalta siirretään trukeilla lavoja samaan saapuvien hyllyyn kuin tavarahan vastaanotostakin, josta varastohenkilökunta hyllyttää lavat omille paikoilleen ja kuittaa materiaalin varaston saldoille käsipäätteellä. Tiivistekoneistuksesta saapuvalla materiaalilla on useampi oma erillinen puskuripaikka varastossa, jonne tiivistekoneistuksesta tuodaan trukeilla lavoja. Näiltä paikoilta materiaali jaetaan varastopaikoille ja kuitataan käsipäätteillä. Tämän lisäksi FBA –varastosta tapahtuvat DO –siirrot tuodaan FBB –varaston vastaanottoalueen lattiapaikalle, josta DO –keräys hyllytetään ja kuitataan FBB:n saldoille. Vindealta saapuva materiaali ohjautuu tavarahan vastaanoton kautta. Tavarahan kutsukehoituksen Vindealta Metsolle suorittaa varaston varastomies.

FBB –varastosta suurin lähtevä virta on kokoonpanoon tehtävät keräykset. Toimistossa tulostuu ATO tai Special –streamin venttiilikerauksen keräyslista, jonka avulla keräilijä kerää manuaalitruckia hyödyntäen listan tuotteet ja asettaa kerätyn lavan siirrettävän lavakärryn päälle. Keräilijä ajaa lavakärryn kaikkine osineen venttiilikokoonpanon sisäiseen puskuriin, jolloin keräilijä kuittaa keräyksen kerätyksi ja keräyksen nimikkeet vähenevät varaston saldoilta. Saldovirheiden tai rakennevirheiden tilanteissa keskeneräinen keräys joko palautetaan hyllyihin tai siirretään odottamaan puuttuvia osia pientavarapaterin oheen. CO –keräysten kohdalla keräyslista tulostuu toimistossa, jonka jälkeen CO –keräilijä kerää listan materiaalin varastosta, suojaa osat omalla työpisteellään, ja toimittaa keräyksen suoraan pakkaamoon ja kuittaa keräyksen, jolloin osat vähenevät varaston saldoilta. Lisäksi varaston varastomiehet toteuttavat tarvittaessa DO –keräyksiä FBA –varastoon. Tilanpuutteen vuoksi FBB –varastosta siirretään myös materiaalia Vindean varastoon, jolloin varastomies kerää ja siirtää materiaalin tavarahan vastaanottoon ja tekee varastosiiirron järjestelmässä.

FBA –varastoon tavarahan vastaanotosta ja vastaanottotarkastuksesta saapuva materiaali toimitetaan pääsääntöisesti AGV –vaunuilla ja manuaalitruckeilla. Materiaali otetaan vastaan varaston eteläpäässä sijaitsevan hyllyrivin kautta, joista kaksi ensimmäistä riviä ovat käsiteltävissä molemmilta puolilta. Materiaalia voidaan myös tuoda lattiapaikalle FBA –varaston vastaanottoalueelle. Näiltä paikoilta varastomies ottaa tuodun lavan, jossa on yhtä tai useampaa tuotetta, yksi tai useampi kappale, mukanaan nimiketiedot sisältävät dokumentit. Varastomies siirtää nämä tuotteet joko hyllyyn tai pientavarahyllystään ja kuittaa siirron valmiiksi käsipäätteellään nimikkeiden ollessa

hyllyssä. FBB –varastosta tapahtuvat DO –siirrot tuodaan FBA –varaston vastaanottoalueen lattiapaikalle, josta DO –keräys hyllytetään ja kuitataan FBA:n saldoille. Asennoitintehtaalta tulevien asennoittimien suhteen prosessi on sama, mutta asennoittimia tuodaan trukeilla tai käsivetoisilla kärryillä suoraan varaston vastaanottoalueelle tai varaston AGV -paikoille. Tämän lisäksi varastomiehet itse hakevat trukeilla viereisen maalaamon käytävältä maalattuja toimilaitteita, venttiilejä ja yhdistelmiä, sekä venttiilikokoonpanon käytävältä valmiita venttiilejä jotka eivät kulje maalaamon kautta. Nämä virrat saapuvat varastoon DO:na ja kuitataan varaston saldoille hyllytyksen yhteydessä käsipäätteellä. FBA:n varastomiehet tarkastavat ja hakevat Vindealta saapuvan materiaalin asiakastarkastuksen viereiseltä ulko-ovelta, jonne Vindea jättää FBA –varastoon saapuvan materiaalin, jonka jälkeen materiaali hyllytetään ja varastosiiro kuitataan. Poikkeuksen tekevät Vindealta saapuvat Stock –streamin vakiotuotteet, joiden varastosaldo pysyy aina Vindealla. Kyseisiä tuotteita on tavallisesti 1-3 lavallista varastossa, joista lähetetään täyttökehoitus Vindealle kun vakipaikalla oleva määrä tippuu riskirajan alapuolelle. Tavarankutsukehoituksen Vindealta Metsolle suorittaa varaston varastomies täyttäjien osalta, ja keräilijä yksittäisten suoraan keräyksille menevien tilausten osalta.

FBA –varastosta suurin lähtevä virta on kokoonpanoon tehtävien keräysten lavat. Toimistossa tulostuu keräyslista jonka avulla keräilijä kerää listan tuotteet ja asettaa lavan varaston läntisimmällä hyllyrivillä sijaitsevalle puskuripaikalle. Tässä vaiheessa keräilijä kuittaa keräyksen kerätyksi, jolloin keräyksen nimikkeet vähenevät varaston saldoilta. Näiltä paikoilta valmiit lavat siirtyvät tuotantoon joko AGV –vaunuilla tai manuaalisesti trukeilla ajamalla keräilijöiden toimesta. Saldovirheiden tai rakennevirheiden tilanteissa keskeneräinen keräys joko palautetaan hyllyihin tai siirretään odottamaan puuttuvia osia varaston vastaanottoalueelle. CO –keräysten osalta keräyslista tulostuu toimistossa, jonka jälkeen CO –keräilijä kerää listan materiaalin varastosta, suojaa osat, ja toimittaa keräyksen suoraan pakkaamoon, jonka jälkeen CO-keräilijä kuittaa keräyksen ja osat vähenevät varaston saldoilta. Vindealle lähetetään FBA –varastosta suurempia nimikkeitä, kuten toimilaitteita, odottamaan muita yhdistelmän osia, jotka saapuvat vasta myöhemmin FBA:n varastoon. Lisäksi tilanpuutteen vuoksi voidaan FBA:n materiaali siirtää Vindean varastoon. Tällöin nimikkeet ajetaan FBA:n varastomiesten toimesta ulkokatokseen, putoamisvaarassa olevat nimikkeet pannaotetaan ja varastosiiro suoritetaan käsipäätteellä Vindean varastolokaatioon. Katoksen alta Vindean trukkipuuri hakee Vindealle lähtevät lavat, jotka hyllytetään Vindean varastoon, josta nimikkeet voidaan myöhemmin takaisinkutsua.

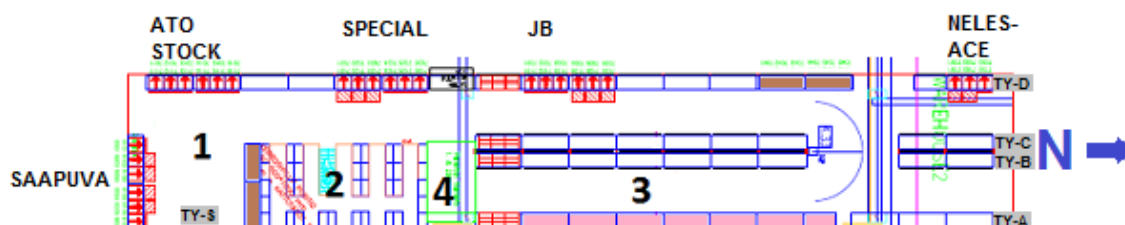
Pääasiallisten materiaalivirtojen lisäksi molemmista varastoista lähtee ja niihin saapuu myös toissijaisia materiaalivirtoja, joita ei ole kuvassa 11 esitetty pienten volyymien vuoksi. Näitä ovat korjattavaksi tai huollettavaksi siirrettävät osat, tuotannosta palautuvat osat jotka käyvät uudelleen tarkastuksessa, sekä erilaisissa testauksissa



käyvät osat. Näitä siirtoja ei tavallisesti tehdä järjestelmässä. Lisäksi Laboratorio hakee välillä omiin projekteihinsa osia varastosta, josta ei myöskään jää järjestelmään merkintää. Mikäli henkilö ilmoittaa hakemansa nimikkeet varastomiehelle, vähennetään osat varastosaldoilta pikainventoimalla. Varaosien henkilöstö käy tarvittaessa itse keräämässä luomansa DO –siirrot varastosta, jolloin osat allokoituvat ja kuittaantuvat pois saldoilta normaalisti. FBA ja FBB –selvityspisteiltä palautuu tuotannon keskeytynyttä materiaalia, joka on välillä purettu selvityspisteiden omiin lokaatioihin, joista varastomies siirtää materiaalin hyllyttäessään nimikkeet, tai selvityspiste peruuttaa koko keräyksen, jolloin saldot palautuvat järjestelmässä niille paikoille joista ne oli kerättykin. Mikäli selvityspiste muuttaa jonkin tuotannosta selvitykseen saapuneen MO:n rakennetta, allokoituu varastosta korvaava nimike, jonka selvityspiste henkilö hakee ja kuittaa. Lisäksi molemmat varastot ottavat vastaan ja toimittavat DO –siirtoja ja varastosiiroja tehtaan komponenttitehtaiden varastojen kanssa.

### 3.2.2 FBA –varasto yhdistelmäosille

FBA –varastossa on ~1100 lavapaikkaa kahdeksassa kerroksessa, sekä kaksikerroksinen pientavarahyllystö, jossa on ~970 juoksumetriä pientavarahyllyä. Lisäksi FBA –varastoon kuuluu varaston ulkopuolelle pystytettyjä hyllyvälejä ~150 lavapaikan verran. Varastossa työskentelee 3 varastomiestä ja 6 keräilijää kahdessa vuorossa. Lisäksi varaston toimistossa toimii yksi ATO –keräilyn työnjohtajan alaisuudessa oleva henkilö, joka vastaa keräyskorteista ja valmistettavista kilvistä. Kuvassa 12 on kuvattuna FBA –varaston vanha layout.



Kuva 12, FBA –varaston CAD layout

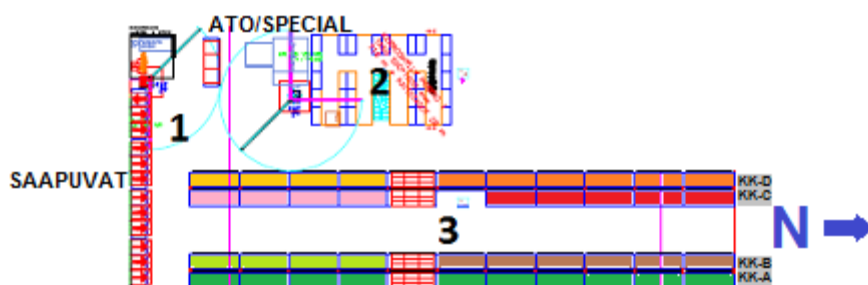
Número 1 osoittaa FBA –varaston vastaanottoalueen, número 2 kaksikerroksisen pientavarahyllykön sijainnin ja número 3 lavavaraston alueen. Varastossa sijaitsee lisäksi toimisto, jossa tuotetaan tuotenimikekilpiä liitettäväksi tuotteisiin. Toimisto näkyy kuvassa vihreällä rajattuna alueena jota merkitään numerolla 4. Toimistossa sijaitsee yhteensä 6 tietokonepäättettä ja kaksi kilpikonetta. Toimistoa vastapäätä on varaston IMO –pateri, josta asentajat hakevat ohjekirjan valmiille tuotteelle ennen tuotteen siirtämistä pakkaamoon. Lisäksi varastossa sijaitsee yksi 500 kg kääntöpuominosturi, joka on tarkoitettu FBA:n varastomiesten ja keräilijöiden käyttöön.

Varaston materiaaliassa asennoittimia on pyritty keskittämään saapuvien AGV – hyllyjen ja ATO/Stock puskureiden hyllyjen tasoille 3-8, puskuripaikkojen viedessä kaksi ensimmäistä tasoa. Jamesburyn osat on painotettu TY-D ja TY-C hyllyihin. Stock –osille on varattu TY-A hyllyriviltä kuvassa 12 vaaleanpunaisella merkityt lavahyllyt. Erityisen pitkille toimilaitteille ja venttiileille jotka eivät mahdu lavan ulottuvuuksien sisään, on varastossa kaksi syvää hyllyväliä, jotka on merkitty ruskealla värillä. Tämän lisäksi varasto on ottanut käyttöönsä 12 puskuripaikkaa TY-D –hyllyssä. Mikäli tilat syville nimikkeille loppuu, voidaan niitä säilöä myös lattiapaikalla TY-D –hyllyn laidalla, ulkokäytävällä. Jos tämäkin tila loppuu, lähetetään nimikkeet Vindean varastolle.

Saapuva materiaali tuodaan joko suoraan vastaanottoalueelle, tai siirretään hyllytystä varten varaston saapuvan materiaalin AGV –hyllyyn. Varastolla on yhteensä 12 AGV – paikkaa saapuville lavoille. AGV –paikat sijaitsevat 8-tasoisin lavahyllyn ensimmäisissä kahdessa tasossa, hyllyn ylemmät paikat toimivat tavallisina varastopaikkoina. ATO ja Stock –streamien keräykset käyttävät yhteisesti 12 puskuripaikkaa, Special keräyksille on varattu 12 puskuripaikkaa, ja Jamesbury keräyksille on varattu myös 12 puskuripaikkaa. Kaikki puskuripaikat sijaitsevat hyllyjen kahdessa ensimmäisessä tasossa, ja ne on rekisteröity AGV –järjestelmään. Nelesacen osille on varattu yksi varastohylly, josta Nelesacen asentajat itse hakevat tarvitsemansa osat.

### 3.2.3 FBB –varasto venttiiliosille

FBB –varastossa on ~1100 lavapaikkaa yhdeksässä kerroksessa, sekä pientavarahyllystö, jossa on ~740 juoksumetriä pientavarahyllyä. Varastossa työskentelee 3 varastomiestä ja 4 keräilijää kahdessa vuorossa. Varastomiehet huolehtivat keräyskorttien tulostamisesta ja keräilijät kaiverruttavat omat venttiilikilpensä kilpikoneella. Varastolla ei ole omia nostureita, vaan varasto käyttää yhteisesti viereisen venttiilikokoonpanon kanssa samoja kääntöpuominostureita. Kuvassa 13 on kuvattuna FBB –varaston vanha layout.



Kuva 13, FBB –varaston CAD layout

Numero 1 osoittaa FBB –varaston vastaanottoalueen, numero 2 kaksikerroksisen pientavarahyllystön sijainnin ja numero 3 lavavaraston alueen. Varastossa ei ole erillistä

toimistoa, vaan pientavarahyllystön ohessa sijaitseva toimistopiste, jossa on yhteensä kolme tietokonepistettä, tulostin ja kilpikone. Lisäksi varaston käytössä on pateri, jota käytetään pääasiallisesti harvinaisten pientavaroiden säilyttämiseen.

Varaston materiaali-jako on FBA:ta kehittyneempi, ja varasto on jaettu karkeasti tuotetyypeittäin. Kuvassa 13 on nähtävissä materiaali-jako, jossa vihreä tarkoittaa palloventtiileitä, punainen läppäventtiileitä ja oranssi segmenttiventtiileitä. Tummat sävyt ovat kyseisen tuotetyypin isoja osia, ja vaaleat sävyt pieniä osia. Ruskealla on vielä merkitty erikoisventtiiliosille varattu alue.

Saapuva materiaali tuodaan joko suoraan vastaanottoalueelle, tai siirretään hyllytystä varten varaston saapuvan materiaalin AGV –hyllyyn. Varastolla on yhteensä 18 AGV –paikkaa saapuville lavoille. AGV –paikat sijaitsevat 8-tasoisien lavahyllyn ensimmäisissä kahdessa tasossa, hyllyn ylemmät paikat toimivat tavallisina varastopaikkoina. ATO ja Special –streamien keräyksille ei ole erillistä puskuria, vaan keräykset toimitetaan joko kärriyllä tai trukilla suoraan kokoonpanoon. Tarvittaessa KK-D –hyllyrivin ja pientavarahyllystön väliselle käytävälle voidaan kerätä keräyksiä puskuriksi. Jamesbury ja Stock –streamien venttiileitä ei valmisteta Suomessa, joten niille ei tapahdu keräilyä FBB –varastosta.

### **3.2.4 Ulkoinen Vindean varasto**

Tehtaan omien varastojen lisäksi toimii tehtaan viereisellä tontilla Vindea Oy:n hallinnoima varasto, jonka pääasiallisena asiakkaana on Metso Automation Helsingin tehdas. Varaston hyödyntämisen hinnoittelu perustuu transaktioista syntyviin maksuihin, päivittäisiin lavapaikkakohtaisiin säilytysmaksuihin, sekä ylimääräisten työtehtävien tuntihintoihin.

Vindea tuottaa tehtaalle purkupalvelua, jossa konteissa saapuva materiaali puretaan Vindean tiloissa ja toimitetaan tilattaessa tehtaan sisäisiin varastoihin. Omaa varastointitilaa Vindean varastossa on ~9000 lavapaikkaa, joista jatkuvasti käytössä keskimäärin ~8000 lavapaikkaa, vaihdellen konttien saapumisaikojen mukaan. Saapuvan materiaalin lisäksi Vindean tiloissa varastoidaan hitaasti kiertävää materiaalia, väliaikaisesti keskeytettyjä tuotteita, sekä materiaalia jolle ei ole tehtaalla tilaa. Tämänkaltaisia lavoja lähetettiin vuonna 2013 tehtaalta Vindealle keskimäärin 116 lavaa viikossa. Vindea suorittaa myös palveluna osakeräyksiä Vindean sisällä ja toimittaa nämä keräykset tehtaalle. Vuonna 2013 Vindea keräsi keskimäärin 745 keräysriviä viikossa.

Työnjaollisesti Vindea vastaa materiaalin siirrosta tehtaalta Vindean varastoon ja Vindean varastosta tehtaalle, mutta eivät suorita materiaalin siirtoja tehtaan sisäisesti. Metso Automation tehtaan oma sisälogistiikka suorittaa materiaalin siirrot ja hyllytykset tehtaan sisällä. Saapuva materiaali tuodaan joko tehtaan tavarantoimituksen kautta, tai

jätetään tilauksen tehnyttä osastoa lähimmälle ulko-ovelle. Tehtaalta Vindealle tapahtuva materiaalivirta toimii samoin, mutta käänteisesti. Kriittisissä henkilöresurssitilanteissa useiden samanaikaisten poissaolojen aikoina voidaan Vindean varastomiehiä vuokrata tehtaan puolelle auttamaan keräilyssä, hyllytyksissä tai tehtaan tavaran vastaanotossa.

### **3.3 Nykytilan ongelmat**

Kaikessa toiminnassa on ongelmia, jotka aiheuttavat turhaa resurssien hukkaa, joka puolestaan nostaa kustannuksia ja vähentää tehokkuutta. Nykytilan ongelmia on kartoitettu logistiikan asiakkailta saadun palautteen, logistiikkaorganisaation sisäisten toimintatapapalaverien, sekä kirjoittajan oman kokemuksen kautta. Suurin osa vanhan toimintatavan ongelmista oli tunnistettavissa jo ennen projektin alkua, jonka lisäksi sidosryhmien osallistamisen kautta saatiin aikaiseksi vielä ylimääräisiä aikaisemmin tuntemattomia ongelmia. OPERA –menetelmän ryhmittelyn perusteella ongelmien juurisytyt ovat sekä rakenteissa, toimintatavoissa, että asenteissa.

#### **3.3.1 Joustamaton henkilöresurssi**

Molempien varastojen kolme varastomiestä toimivat pääsääntöisesti kahdella hengellä aamuvuorossa ja yhdellä iltavuorossa. Aamuvuoro hoitaa hyllyttämisen lisäksi keräilyjen vapauttamista ja tutkintatehtäviä, sekä osallistuu myös välillä tuotannon keräysten valmisteluun. Iltavuoro keskittyy hyllyttämään varastoon saapunutta materiaalia. Yhden kolmesta varastomiehestä ollessa vapaalla toimii molemmissa vuoroissa vain yksi henkilö, joka kykenee selvitystyöhön, materiaalin hyllytyksiin ja varastonhoitamiseen. Tässä tilanteessa varasto on erittäin haavoittuvainen yllättävissä poissaoloissa esimerkiksi sairastumisen vuoksi. Varastomiehen puuttuminen lopettaa tavaran sisääntulon varastoon ja hankaloittaa saldokorjausten tekemistä.

Logistiikan työntekijät ovat hyvin erikoistuneita tehtäväalueittain. FBA:n varastomiehet tuntevat hyvin FBA:n tuotteiston kuten asennoittimet, toimilaitteet ja yhdistelmäosat. FBB:n varastomiehet ovat puolestaan erikoistuneita venttiilivalmistuksessa tarvittavien osien tuntemuksessa. Kokemusta ja tuotetuntemusta vaaditaan työtehtävien tehokkaaseen täyttämiseen, sillä suurelta osin toiminta on standardoimatonta ja logistiikan ulkopuolisista toimista johtuvia ongelmatilanteita tapahtuu usein. Molemmissa varastoissa toimitaan pääsääntöisesti samanlaisesti, mutta käytännöt hyllytyksissä, vakiopaikoissa ja standardoimattomissa toimintatavoissa eroavat toisistaan. Dedikoituminen eri osa-alueitten välillä hankaloittaa työkuorman tasaamista, sillä vaikka toisella varastolla olisi hiljaisempaa, sieltä ei saada auttajaa toiseen varastoon. Ongelmaa vahvistaa varastomiesten lukumäärän tuoma rajoite, sillä vaikka moniosaaminen olisikin varastomiesten välillä korkea, saattaa molemmissa varastoissa olla vuorossa ainoastaan yksi henkilö. Mikäli toinen varastomies siirtyy auttamaan

toiseen varastoon, pysähtyy kaikki toiminta toisessa varastossa, luoden kestäättömän tilanteen.

Varastojen ulkopuolisesti logistiikan työnjohtoalueen alaisuudessa toimivan tavaran vastaanoton työntekijät eivät myöskään ole perehtyneet kummankaan varaston toimintaan, vaikka tuotetuntemus on korkea. Tavaran vastaanoton työntekijöillä ei myöskään ole varastotoiminnassa käytettyjen käsipäätteiden käyttötunnuksia.

### **3.3.2 Varastojen heikko hallittavuus**

Vaikka varasto itsessään on logistiikkaorganisaation vastuualuetta ja kaikki varastomiehet ovat keskitetyn työnjohdon alaisuudessa, toimii alueella lukuisien sisäisten organisaatioiden edustajia. Kaikkien neljän streamin ja Heavyn keräilijöillä on omat työnjohtajansa, jonka lisäksi ATO:n ja Specialin FBA ja FBB keräilijät ovat vielä streamiensa sisäisestikin eri työnjohtajien alaisuudessa. Lisäksi varastoissa toimii oman työnjohtonsa alaisuudessa toimiva CO –keräily. Työntekijöiden lisäksi varastossa liikkuu eri streamien asentajia ja kokoonpanijoita vaihtamassa rikkoutuneita tai vääriä osia, sekä eritasoisia toimihenkilöitä laboratorion, tuotannonsuunnittelusta tai myynnistä, jotka eivät ole ilmoittaneet logistiikan työnjohdolle tulemisestaan tai toimistaan.

Tämä pirstaloitunut toimintatapa hankaloittaa tiedottamista, sillä mitään keskitettyä kanavaa ei ole. Ainoat tavat tiedottaa varastossa toimivia työntekijöitä on lähettää sähköpostia työntekijöiden esimiehille, käydä kaikkien streamien päiväpalaverissa, tai etsiä henkilökohtaisesti kaikki varastossa toimivat henkilöt ja tiedottaa suoraan sanallisesti. Kaikki keinot ovat hitaita ja epäluotettavia tapoja tiedottaa kiireellisiä ja tärkeitä tietoja. Sidosryhmien kanssa sovittujen toimintatapojen noudattamisen valvominen on myös hankalaa ja virhetilanteisiin puuttumisen mahdollisuus heikko. Keräilijöiden ja asentajien virheiden selvittäminen jää aina logistiikkaorganisaation vastuulle. Suuri ulkopuolisten tahojen liikkuminen varastoissa luo myös tarpeettomia vaaratilanteita.

### **3.3.3 Varastosaldojen epäluotettavuus**

Varaston suurimpana ongelmana on tietojärjestelmän saldojen ja fyysisten varastosaldojen jatkuvat erot. Saldojen paikkansapitävyyttä kontrolloidaan tällä hetkellä ohjeistuksien, 100 nimikettä kerrallaan sisältävien viikoittaisten kiertävien inventaarien ja jokavuotisen massainventaarin avulla. Inventaareissa löydetty epäkohdat tutkitaan ja pyritään ratkaisemaan, sekä pyritään etsimään selittäviä tekijöitä suurille eroille. Kiertävän inventaarin tulokset kirjataan logistiikan viikkoraporttiin, jonka mukaan vuonna 2013 oli varastosaldojen paikkansapitävyys FBA –varastossa 68 % ja FBB –varastossa 83 %.

Saldoerot johtuvat pääsääntöisesti materiaalin rikkoutumisista, joita ei raportoida; rakennevirheistä, joissa asennustyö vaatii oikeasti toista osaa kuin keräilykortti tarjoaa, jolloin asentaja vaihtaa osan tarvitsemaansa järjestelmän ohitse; ja ohjelmallisista virheistä, joissa peruttu työ tai keräys palautuu järjestelmässä alkuperäisille paikoilleen varastossa, vaikka materiaali fyysisesti on muualla. Lisäksi osa keräilijöistä voi kerätä usealla eri paikalla olevaa nimikettä eri paikalta kuin mitä keräyskortti käskää.

Varastosaldojen näyttäessä enemmän kuin mitä fyysisesti varastopaikalla on, lasketaan tuotteen valmistuksen läpimenoaika sen mukaisesti että materiaalia on jo valmiina tehtaalla. Tällöin kyseiselle nimikkeelle ei generoidu ostokehotusta, jotta sitä saataisiin tilattua varastoon lisää, vaikka oikeasti fyysisesti nimikettä ei ole riittävästi lopputuotteen valmistamiseen. Keräyksen tai kiertävän inventaarin huomaama saldoero myöhäisessä vaiheessa tarkoittaa usein koko työn myöhästymistä, sillä nimikkeiden hankkimisessa alihankkijoilta voi olla yli kymmenen viikon toimitusaika.

Toisaalta varastosaldojen näyttäessä vähemmän kuin mitä fyysisesti varastopaikalla on, voidaan alihankkijoilta tilata materiaalia turhaan. Tehtaan erikoisvalmistukseen suuntautuneen tuotannon vuoksi osalla nimikkeistä voi olla kulutusta vain yhden ainoan kerran vuosikausiin. Tällöin ylimääräisenä hankittu materiaali kuormittaa varastoa, tai voi jäädä kokonaan käyttämättä ja päättyy romutettavaksi. Töitä voi jäädä myös odottamaan tulevia osia vaikka osat löytyisivät jo valmiiksi varastosta, pitkittäen turhaan valmistusaikaa, samalla kun osat kuormittavat turhaan varaston rajattua kapasiteettia.

### **3.3.4 Varastointitilan riittämättömyys**

Vaikka Vindean varasto sallii suuren määrän varastoitavia komponentteja, on keräily Vindean toimitusajoista johtuen huomattavasti nopeampaa tehtaan sisäisistä varastoista. Nykyiset noin 2200 lavapaikkaa mahdollistavat kaikkien tarvittavien Stock –tuotteiden varastoimisen riittävässä määrässä tehtaan omaan varastoon. Tämä mahdollistaa nopean vasteajan Stock –streamin keräyksissä.

Vaikka Special –streamin tuotteiden kotiinkutsu on hyväksyttävä vaihe, joudutaan Vindealla säilyttämään monia ATO ja Jamesbury –virtojen nimikkeitä. Varaston koko on riittämätön palvelemaan kaikkia Jamesbury ja ATO –streamien tuotteita. Saadun palautteen mukaan arviolta 50 % Jamesbury ja 40 % ATO –keräyksistä vaativat ainakin yhden nimikkeen tilaamista Vindean varastolta. Tällä on suora vaikutus keräysaikoihin ja keräilyn palvelukykyyn.

Lisäksi FBA –varastolla on liian vähän erikoislavapaikkoja syville toimilaitteille, jotka valmistuvat maalaamosta. Tämän vuoksi toimilaitteita, jotka eivät lähiaikoina ole kulumassa varastosta, joudutaan pannoittamaan ja lähettämään pidempiaikaiseen säilöön Vindean varastoon. Tämä vie ylimääräistä henkilöresurssia ja aiheuttaa lisää

transaktioita Vindean ja Metson välillä, jolloin Vindealle maksettavat kulut nousevat. Lähetettyjen toimilaitteiden määrästä pidetyn listan mukaan vuonna 2013 jouduttiin tilapuutteen vuoksi lähettämään Vindealle kaikkiaan 609 toimilaitetta.

### 3.3.5 Keräilyssä käytetyt virtuaalisetit

Tehtaan keräilyssä setti tarkoittaa useamman pienosan sisällään pitämää nimikettä. Keräyslistassa näkyy ainoastaan tämä settinimike, eikä sen sisällään pitämiä nimikkeitä. Tilaamalla valmiita pussitettuja settejä kyetään nopeuttamaan keräilyä.

Keräilyssä käytetään kuitenkin myös niin sanottuja virtuaalisettejä. Näissä ryhmä pienosia on ryhmitetty yhdeksi setiksi, mutta näitä settejä ei ole vielä valmiina kerättynä. Jotta keräyksen voi vapauttaa, luodaan tietojärjestelmässä virtuaalisesti tämä setti, jolloin settiin kuuluvat pienosat vähentyvät omilta varastopaikoiltaan ja setti valmistetaan tietojärjestelmässä TY-SETIT –lokaatioon. Tämän jälkeen voidaan tulostaa keräyslista ja keräilijä kerää listan mukaiset osat. Lopuksi keräilijä kerää setin vaatimat osat omilta paikoiltaan, mutta tämä vaihe ei näy hänen keräyskortissaan vaan hänen on käytettävä erillistä varastossa säilytettyä korttia, joka kertoo mitä tiettyihin setteihin kuuluu.

Tämä toiminta tuottaa ajallista hukkaa, sillä keräilijä saattaa käydä samalla pientavarahyllyllä kahdesti, sen sijaan että keräilisi setin valmiiksi samalla kertaa kun hän hakee muun listan osat hyllystä. Tämän lisäksi valmiiksi luodut virtuaalisetit vääristävät varastosaldoja, mikäli virtuaalisettiin liittyvä nimike on kiertävässä inventaarissa. Näin ollen saldoille inventoidaan helposti virheellisesti lisää kyseistä nimikettä, sillä virtuaalisettien luomisen vuoksi paikalla on fyysisesti enemmän kappaleita, kuin M3 kertoo. Pahimmillaan tämä johtaa ylliallokointiin ja osien loppumiseen, jolloin tuotantoa ei voida jatkaa osapuutteen vuoksi.

### 3.3.6 Ongelmien aiheuttamat hukat

Leanin avulla saadaan tutkittua toiminnassa syntyvää hukkaa. Tämä hukka voidaan jakaa varastoinnin, kuljetusten, tilan, ajan, pakkaamisen, hallinnon ja tiedon hukaksi.

**Turhan varastoinnin hukka** Metson tilanteessa osien kulutuksen ennakkointi on erikoistuneen tuotannon vuoksi hankalaa. Joko ennakoiden tai kadonneen materiaalin vuoksi joitain osia saatetaan tilata tarvetta enemmän, jonka jälkeen osilla ei välttämättä ole mitään tarpeita vuosiin. Osat joita on tilattu ja valmistettu sellaista tuotetta varten, johon asiakas vaatii muutoksia kesken tuotannon, jäävät myös varastoon. Osia tulee olla jatkuvasti käytettävissä korkeiden myöhästymäsakkojen ja osien pitkien toimitusaikojen vuoksi, joiden lisäksi tulisi olla korvaavia kappaleita kokoonpanossa hajonneiden tai toimittajalta viallisena tulleiden komponenttien tilalle. Käyttämättä jääneitä osia myös romutetaan säännöllisesti, jolloin kaikki osien hankintaan ja varastointiin sijoitettu arvo

menetetään. Erittäin laajan nimikkeistön vuoksi kaikkia tarvittavia osia ei voida säilöä Metson omissa tehtaan varastoissa, vaan suurin osa materiaalista säilötään ulkopuolisen tahon hallinnoimassa varastossa, jolloin on vieläkin tärkeämpää säilyttää tehtaalla ainoastaan materiaalia joka on kiertävää, ja poistaa tarpeettomina tilaa vievä materiaali kokonaan.

**Turhien kuljetusten hukka** Metson varastoon sovellettaessa lyhyisiin kuljetusmatkoihin liittyvä aikavaihtelu ei ole kriittistä. Kuljetuksiin liittyvä hukka voidaan nähdä liittyvän vältettävissä olevien siirtojen suorittamiseen tehtaan ja Vindean varaston välillä, sekä FBA –varaston ja FBB –varaston välillä. Kaikki transaktiot Vindean kanssa tuottavat kustannuksia Metsolle, ja DO –siirrot tehtaan sisäisesti työllistävät henkilöstöä pois muista tehtävistä. Lisäksi keräilyyn liittyvä materiaalin sijoittelu voidaan nähdä turhina ajomatkoina. Nykytoiminnassa vain osalla nimikkeistä on vakiopaikat. Niiden nimikkeiden osalta, joilla ei ole vakiopaikkaa, hyllytetään nimikkeet vapaana oleville varastopaikoille. Näin keräyskohtaisesti syntyy varianssia keräysaikoihin, riippuen siitä, sattuivatko keräyksen nimikkeet olemaan lähellä toisiaan vai hajautuneina eri puolille varastoa.

**Tilankäytön hukka** tarkoittaa Metson tilanteessa varastojen sijaintia ja riittävyyttä. Olemassa olevat sisäiset varastot eivät ole liian suuret, mikäli huomioidaan myös Vindean ulkoisen varaston varastopaikkojen kuuluvan kokonaiskapasiteettiin. Tehtaalla sijaitsevat varastot sijoittuvat kuitenkin tehtaan keskeisimmille paikoille olemassa olevan hub-ajattelun seurauksena. Molemmissa varastoissa sijaitseva yhteinen nimikkeistö vie myös kaksinkertaisen varastointitilan, verrattuna tilanteeseen jossa varastot olisivat yhdessä. Tämä hukka on kuitenkin nykytilanteessa vähäinen.

**Turhan ajankäytön hukka** Metson tilanteessa tarkoittaa keräyslistojen valmiiksi tulostamista tarpeeseen tulostamisen sijaan. Koska läpimenoaika alkaa keräyslistan tulostumisesta, hankaloittaa usean listan samanaikainen tulostaminen aitojen keräysaikojen seuraamista. Kiirehdyttävässä listassa työnjohtajan täytyy henkilökohtaisesti tulla ohjeistamaan keräilijää ottamaan seuraavaksi haluttu lista, sen sijaan että keräys asetettaisiin tarpeeseen keräämisen jonon seuraavaksi listaksi. Saldo- ja hyllytysvirheiden vuoksi keräilijä voi joutua keskeyttämään keräyksensä ja etsimään tuotteita. Keräysvirheen seurauksena voidaan myös joutua vaihtamaan osia, jolloin keräys joko palautuu varastoon tai odottaa tuotannossa oikeita osia.

**Pakkaamisen hukka** Metson varastoissa voidaan ajatella käänteisesti, sillä ainoastaan CO –keräily pakkaa tuotteita muuten kuin lavoille. Tavarahan vastaanotosta tuleva materiaali voi olla omissa pakkauksissaan. Mikäli keräilijä tai kokoonpanija joutuu avaamaan pahvilaatikoita tai muovipusseja saadakseen tarvitsemansa osan, on tämä suoraa pois aikaintensiivisistä arvoa tuottavista tehtävistä. Pakkausten avaaminen kiireessä tuottaa myös usein jätettä varaston käytäville. Monilla varastojen lavoilla on



vain muutamia tuotteita, vaikka niille mahtuisi useampiakin. Tämä johtuu ohjeiden vastaisesta keräilystä ja kiireellisestä hyllyttämisestä jossa lavaoptimoinnille ei jää tilaa.

**Hallinnollisessa hukassa** Metsolla on logistiikassa tehtäviä jalkautettu lattiatasolle jo vahvasti, jolloin työntekijät ovat itseohjautuvia. Logistiikan johdon apua vaaditaan tavallisesti ainoastaan poikkeustilanteissa. Keräilyn ja logistiikan työntekijät kommunikoivat myös keskenään välittömimmät tarpeensa, asioiden käymättä runko-organisaation kautta. Toiminta pohjautuu kuitenkin vahvasti työntekijöiden kokemukseen ja työyhteisöön, jolloin uusi tai väliaikainen henkilö ei yksin toimiessaan saavuta samanlaista tehokkuutta.

**Tietoon liittyvä hukka** sisältää Metsolla puutteita moniosaamisessa. Tietopotentiaali sallisi työntekijöiden osaavan sekä keräilyn, hyllyttämisen, sekä tavaran vastaanoton vaatimat toiminnot sekä FBA:n, että FBB:n osalta. Lisäksi standardoimaton keräilyssä ja hyllyttämisessä tapahtuvien ongelmien selvittämisessä hukkuu tietoa aina havainnon tekijän lähtiessä, jolloin selvitystyön toteuttaminen seuraavan vuoron aikana on haasteellista. Näin ollen selvittämistoiminta jatkuu vasta havainnon tekijän palattua työpaikalle. Yleisestikin logistiikan toiminnassa tukeudutaan vahvasti sanalliseen tiedon vaihtamiseen, jolloin moni asia jää tulkinnanvaraiseksi ja tietoa häviää tai vääristyy. Osastojen välisen kommunikoinnin puutteet aiheuttavat tietopuutteita esimerkiksi viikonlopputöihin valmistautumisessa, sillä mikäli tuotanto haluaa saapua ylitöihin, tulee heidän tarvitsemansa osat yhä kotiinkutsua Vindealta ja kerätä tehtaan varastoista.

### 3.4 Turvallisuusanalyysi

Turvallisuusnäkökulman tärkeyttä on painotettu Metson strategiassa konserninlaajuisesti, ja turvallisuus oli myös osana vuoden 2013 bonusmittareita. Varaston osalta turvallisuuden analysoimisen voi jakaa karkeasti neljään osaan; henkilöstö, kalusto, rakenteet ja kulkureitit.

Kaikki varastojen varastomiehet ja keräilijät käyttävät trukkeja työtehtävissään. Uuden henkilön rekrytoinnin yhteydessä kyseinen henkilö käy Metson tiloissa järjestettävän trukkikoulutuksen. Henkilön esimies kirjoittaa turvallisen trukinajokykynsä osoittaneelle henkilölle trukinajoluvan tehtaan alueella. Lisäksi Metso järjestää työturvallisuuskorttikoulutuksia. Vaikka koulutus ei ole pakollinen, on se hyvin vahvasti suositeltu, ja suurin osa varaston henkilöstöstä omistaa työturvallisuuskortin. Työkulttuurissa henkilöstö kuitenkin arvostaa nopeata toimintaa, jolloin kalustolla liikkuminen voi olla hyvinkin vauhdikasta.

Trukkikaluston on pääsääntöisesti hyvin huollettua. Kalustolle pidetään säännöllisiä huoltoja, jonka lisäksi vikatilanteissa huoltomiehen tilaamisen voi suorittaa työntekijätasolla. Valmiudessa oleva huoltomies saapuu tavallisimmin samana tai

seuraavana päivänä huoltamaan vikaantuneen trukin. Trukit on myös personoitu juuri Metson erikoismittaisen lavan käsittelyä varten, joten trukkien piikit ovat tavallista mallia lyhyemmät. Näin on poistettu mahdollisuus työntää lavaa hyllyttäessä kaksoishyllyn toisen rivin lava alas. Käytetty trukikikalusto on kuitenkin sekalaista; trukkien mallit, kääntymissuunnat ja kiihtyvyydet poikkeavat toisistaan. Osassa trukkeja on myös piikkien edessä oleva tuki, joka saattaa lavaa nostaessa nostaa myös ylemmän tason lavaa, mikäli trucki on ajettu liian lähelle lavahyllyä. Työntekijät ovat myös nostaneet esille hankalan näkyvyyden nostaessa lavahyllyjen ylimpiä lavoja.

Rakenteellisesti varaston lavahyllyt ovat turvallisia. Yksittäisiin hyllyriveihin on asennettu turvaverkko hyllyjen taakse, jotta lava ei voisi pudota rivin taakse. Vaakapalkit ovat hyväkuntoisia ja nopeasti vaihdettavissa mikäli niiden rakenne tulee kyseenalaiseksi esimerkiksi törmäyksestä johtuen. Kaksoishyllyjen välissä ei ole stoppareita, jotka rajoittaisivat lavan sisääntyöntöetäisyyden. Näin ollen on riski työntää lava liian pitkälle hyllyyn, mikäli varastossa liikkuu pitkäpiikkinen trucki ja trukinkuljettaja on huolimaton. FBA-varaston toimistoa vasten olevaa sähkökaappia ei myöskään ole suojattu suojilla tai kaiteella, mahdollistaen näin törmäyksen sähkökaappiin. Pientavarahyllystön toisen kerroksen täyttäminen tapahtuu myös purkamalla yhden suojauksen vaakapalkeista, jonka jälkeen syntyneen aukon lävitse pujotetaan lavalla olevat pientavarat. Huolimattomuustilanteessa lava voi ruhjoa pientavarahyllystön turvarakenteita.

Toiminnallisesti varastoissa on huomattavia puutteita. Kapeilla 2,8 m leveillä käytävillä liikkuu runsaasti kaksisuuntaista liikennettä, erityisesti FBA-varastossa. Tämä johtuu materiaalin ripottelusta eri puolille varastoa. Pientavarahyllystön käytäviltä on molemmissa varastoissa kulkuaukot suoraan trukikäytävälle, jolloin liikennöidyltä käytävältä on heikko näkyvyys pientavarahyllystön käytäville. Varastossa on myös tyypillistä jättää selvityksessä olevat lavat tai keskeytyneet keräykset käytävälle odottamaan jatkotoimia, jolloin lattiatila käy yhä ahtaammaksi trukkilienteelle ja jalankulusta aiheutuu kompastumisriski.

Analysoimalla näitä tunnistettuja ongelmakohtia luvun 2.4 riskimatriisin avulla voidaan arvioida aiheutuvan riskin vakavuutta. Matriisin 5x5 jaottelu on jakautunut syntyvän tapaturman todennäköisyyden ja vakavuuden mukaisesti mitättömästä riskistä sietämättömään riskiin. Analysoinnissa on hyödynnetty Metson HSE –monitorin tuottamaa tietoa, työntekijöiltä saatua palautetta, tehtaan työsuojelupäälliköltä saatua palautetta, sekä kirjoittajan omia kokemuksia. Riskit ja niiden vakavuudet on koottu taulukkoon 1.

**Taulukko 1, Varastojen riskianalyysi**

| <b>Syy</b>                         | <b>Seuraus</b>                 | <b>Riski</b>      |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Erilainen trukkikalusto            | Hallitsematon liike            | Siedettävä riski  |
| Nostopiikkien tuki                 | Ylempi lava tippuu alas        | Siedettävä riski  |
| Ylimpien lavojen osuma             | Lava tippuu alas               | Siedettävä riski  |
| Lavastopparien puute               | Taaempi lava tippuu alas       | Mitätön riski     |
| Suojaamaton sähkökaappi            | Törmäys Trukki-Kaappi          | Kohtalainen riski |
| Pientavarahyllyn täyttö            | Turvakaiteen rakenne heikkenee | Siedettävä riski  |
| Paljon risteävää trukkiliikennettä | Törmäys Trukki-Trukki          | Kohtalainen riski |
| Pientavarahyllyn käytävät          | Törmäys Trukki-Ihminen         | Kohtalainen riski |
| Lattialla olevat lavat             | Kompastuminen lavaan           | Siedettävä riski  |

Vaikka yleinen riskitaso näissä havaituissa puutteissa on alhainen, ei se ole kuitenkaan syy olla korjaamatta kyseisiä ongelmia. Lisäksi analyysissä on huomioitu riskin osalta ainoastaan henkilöihin kohdistuva vaara. Liiketoimintaorganisaation on huomioitava myös mahdolliset materiaaliset vahingot, joita havaituista ongelmista aiheutuu.

## 4 UUDEN LAYOUTIN SUUNNITTELU

Uuden FBA/FBB –varaston suunnittelu alkoi tulevan varaston sijainnin määrittelyllä. Uuden tehtaan box-layout ja alustava aikataulutus oli ennalta määrätty ohjausryhmän toimesta. Kuitenkin kaikki mikä jäi näiden alueiden sisäpuolelle oli alustavasti muokattavissa. Box –layout on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 14, Uuden varaston Box-layout**

Suunnitteluprosessi alkoi teorialatutkimuksella ja materiaalin hankkimisella. Syvällisempi aiheeseen perehtyminen tapahtui pääasiallisesti varastosuunnitteluun liittyvän kirjallisuuden kautta. Lisäksi jo neljä kuukautta aiemmin alkanut logistiikan työnjohdon toimiin perehtyminen toi esille useita kehityskohteita ja käytännön taitoja. Ennen suunnittelun aloittamista toteutettiin myös erillinen Lean –koulutus, jonka kautta syvennettiin Lean -osaamista.

Tämän jälkeen pidettiin kaksi palaveria tuotantostreamien edustajien kanssa. Näissä kokouksissa pyrittiin selvittämään streamien logistiset tarpeet ja vaatimukset uuden varaston toiminnalle. Lisäksi päivitettiin jo aikaisemmin määritetyt logistiikkaorganisaation sisäiset tavoitteet projektille.

Logistiikan layout –suunnittelun starttipalaverissa piirrettiin ensimmäiset CAD –kuvat ensimmäisten hahmotelmien pohjalta. CAD –suunnittelun pohjana käytettiin vuoden 2010 muuton aikana tehtyä layout –kuvaa. Samalla viikolla alkoi myös osallistamiseen tähtäävät avoimet viikkopalaverit, joihin kaikilla varastojen työntekijöillä oli vapaa pääsy. Suunnittelun lähtökohtina oli vähentää hukkaa ja variaatioita varaston toiminnasta noudattaen Leanin ja Six Sigman oppeja. Pääpainona oli huomioida toimivan virran toteutuminen tuotannon näkökulmasta ja toissijaisesti pyrkiä toteuttamaan virtautettua toimintaa myös varaston sisäisesti.

Varaston suunnittelukuvia iteroitiin sekä työntekijöiden osallistamiskokouksissa, projektiryhmän palavereissa, että logistiikan toimihenkilöiden kesken. Erilaiset suunnittelua rajoittavat tekijät ohjasivat iterointikierrroksia, jolloin pyrittiin minimoimaan rajoittavien tekijöiden vaikutuksia. Tuotantopaineiden vuoksi muuttovaihe kuitenkin aikaistettiin alkamaan jo huomattavasti alkuperäistä suunnitelmaa aikaisemmin, tiivistäen suuresti suunnitteluun käytettävissä olevaa aikaa. Lopullinen, myös työntekijöiden kesken validoitu versio, oli valmis samana päivänä kuin muutto alkoi. Fyysisten muutosten lisäksi koko projektin ajan suunniteltiin ja toteutettiin toimintatapamuutoksia jatkuvan kehittämisen ideologian mukaisesti. Tähän sisältyi myös pesuprosessin suunnitteleminen kerättäville osille, sillä tämä vaihe oli aikaisemmin kuulunut tuotannolle.

## **4.1 Layoutmuutoksen tavoitteet ja rajoitteet**

Tehdas 2.0 –projektin tavoitteet on mahdollista jakaa karkeasti kolmeen eri osaluokkaan; Koko tehtaan, tuotannon, ja logistiikan itsensä asettamat tavoitteet. Tehtaan tavoitteet edustavat Metson globaalin venttiililiiketoiminnan ja Helsingin tehtaan strategista tavoitetilaa ja sen asettamia tavoitteita. Kyseessä on myös Metson virallinen tavoite kyseiselle projektille. Tuotannon tavoitteet puolestaan edustavat operatiivisen toiminnan tavoitteita, joiden kautta nykytilan tarpeita kyetään ylläpitämään tehokkaasti ja ongelmitta. Logistiikan itsensä asettamat tavoitteet ovat lähinnä tunnistettujen sisäisten ongelmien ratkaisuun tähtääviä toimia, joita pyritään suuren projektin luoman muutoksen mukana korjaamaan ja kehittämään. Sisäisiin tavoitteisiin liittyy myös oman työn helpottaminen, jotta logistiikkaorganisaation asiakkaiden vaatimuksiin kyetään vastaamaan varmemmin ja tehokkaammin. Tavoitteiden lisäksi projektin suunnitteluun liittyy myös rakenteellisia ja saneltuja rajoitteita.

#### 4.1.1 Tehtaan asettamat tavoitteet

Tehtaanjohdon ja projektin johdon asettamat tavoitteet liittyvät kaikki osittain tai täysin logistiikkaorganisaation toimintaan. Keskeisimpinä tavoitteina on läpimenoaikojen lyhentäminen keräilylistan tulostumisesta valmiin yhdistelmän pakkaamiseen, sekä läpimenoajan vaihtelun pienentäminen, jotta tuotannonsuunnittelusta tulisi helpompaa. Projektin päättyessä FBA/FBB varastojen tulee olla yhdistettynä ja jakelulogistiikka on otettu käyttöön. Johtamisjärjestelmät tuotannonsuunnittelussa, varastossa, sisälogistiikassa ja arvovirroissa on standardoitu, harjoiteltu ja käytössä. Työ on vakioitu tuotannonsuunnittelussa, keräilyssä, venttiilikokoonpanossa ja –testauksessa, yhdistelmäkokoonpanossa, logistiikassa ja poikkeavissa tilanteissa. Jokainen joka työskentelee tulevaisuuden tuotantojärjestelmässä (toimisto, tehdas) on ottanut osaa sen suunnitteluun ainakin kerran. Moniosaamisen puute ei rajoita virtausta ja siten pidennä läpimenoaikoja. Kukaan ei loukkaannu muutostöiden aikana. Lisäksi kirjoittamattomana tavoitteena on pysyä annetussa budjetissa.

#### 4.1.2 Tuotannon asettamat tavoitteet

Tuotanto toimii tulevan logistiikkaorganisaation tärkeimpänä asiakkaana. Kaikkien tuotannon arvovirtojen eli streamien palveluvaatimukset selvitettiin haastattelemalla streamien tuotantopäälliköitä erikseen pidetyissä palavereissa. Näissä palavereissa logistiikkaorganisaatio sai tietoonsa millaisia tuotantovolyymejä tulee eri streamit tulevaisuudessa tuottamaan ja miten streamit haluavat materiaalin toimitettavan heidän käyttöönsä. Myöhemmin pidettiin vielä yhteinen palaveri, jossa sovittiin tarkemmin toimituslogistiikka varastosta tuotantoon muun muassa automaattitrukkeja hyödyntäen.

**Stock –stream** vaatii keräilykapasiteettia, joka kykenisi toimittamaan vähintään 50 keräystä päivässä. Stock toimii jatkossakin paikkakokoonpanona johon AGV-vaunut tuovat valmiita keräyksiä varastosta ja joista AGV-vaunut vievät valmiit keräykset pakkaamoon. Keräilijä itse tulostaa keräyslistan ja Stock-streamin nopean läpimenoajan vuoksi keräyksen tulisi olla valmis keskimäärin noin 20 min sisällä listan tulostamisesta. Stock–stream toivoo pystyvänsä myös jatkossa ohjaamaan keräilyä nopeasti vastatakseen tuotannon päivä- tai tuntitason muutoksiin. Keräily toimii imuohjauksella tuotannon puskuriin, eli puskuriin ei tuoda lisää keräyksiä mikäli se on jo täynnä. Kokoonpano huolehtii itse keskeytyneistä töistä.

**Jamesbury –stream** vaatii keräilykapasiteettia, joka kykenisi toimittamaan vähintään 25 keräystä päivässä. JB toimii jatkossakin paikkakokoonpanona johon AGV –vaunut tuovat pienien venttiiliyhdistelmien osat ja vievät valmiit yhdistelmät. Isojen venttiiliyhdistelmien osat keräilijä toimittaa manuaalitrukilla suoraa työpisteelle. Varaston keräily hienokuormittaa streamin toimintaa ja sovittaa isoja ja pieniä venttiiliyhdistelmiä sekaisin jotta virta pysyy jatkuvasti juoksevana. Jamesbury –stream

toivoo tuotannon työnjohdon ja keräilijän kommunikaatiolinkin toimivan myös jatkossa keräilyn ohjauksen suhteen. Kokoonpano huolehtii itse keskeytyneistä töistä.

**ATO –stream** vaatii keräilyn syöttävän keräyksiä kahtena eri kuormitusryhmänä; ATO Pieni, joka kattaa 0-6” venttiiliosat, sekä kaikki läppäventtiiliosat, sekä ATO Iso, jolle tulee kaikki muu. ATO Pieni käyttää tuotannossa kärryjä materiaalin liikuttamiseen, ATO Iso voidaan toimittaa lavalla. ATO vaatii logistiikan suorittavan koko yhdistelmän kaikkien osien keräyksen ja toimittamisen samanaikaisesti – siis venttiilin osat ja yhdistelmän osat. Tällöin kaikki yhdistelmäosat siirtyvät ensin venttiilikokoonpanon lävitse, ja yhdistelmäkokoonpanon lävitse, palaamatta missään vaiheessa varastoon. ATO:n osastojärjestelijä vastaa tuotantoalueen sisäisistä siirroista. ATO vaatii keräilykapasiteetilta vähintään 30 MO:ta päivässä. ATO vaatii kaikki toimitettavat osat kokoonpano- ja maalausvalmiina, jolloin pesun vaatimat osat on pestävä logistiikan toimesta. ATO haluaa myös logistiikan huolehtivan keräysten hienokuormituksesta, jotta tuotanto pysyy tasapainossa. Tämä tarkoittaa tasaista toimittamista eri tyylisten keräysten osalta, jolloin ATO:n kaikki työpisteet toimisivat korkealla käyttöasteella. Kilvet tullaan yhä kaivertamaan ja toimittamaan logistiikan toimesta.

**Special –stream** vaatii keräilyn syöttävän keräyksiä kahtena eri kuormitusryhmänä; Special Pieni, joka kattaa läppäventtiileissä 0-12” ja muissa 0-6” kokoiset keräykset, sekä Special Iso, joka kattaa läppäventtiileissä  $\geq 14$ ” ja muissa  $\geq 8$ ” kokoiset keräykset. Special haluaa keräykset kaksivaiheisina, jolloin ensin kerätään ja toimitetaan venttiiliosat tuotantoon. Venttiilin valmistuttua Special pitää venttiilin alueellaan, ja yhdistelmäosat tullaan keräämään ja toimittamaan tuotantosuunnitelman mukaisesti tuotannonohjausjärjestelmän aikataulun mukaan. Specialin osastojärjestelijä yhdistää myöhemmin venttiilin ja yhdistelmäosat. Special vaatii keräilykapasiteetilta vähintään 30 toimitettua keräystä päivässä. Special kuitenkin muistuttaa, että heidän poikkeuksellisen toimintansa vuoksi keräyksiä tulee kyetä käynnistämään enemmän kuin 30 päivässä revisioista ja korttivrheistä johtuvien kesken jäävien keräysten vuoksi. Special vaatii kaikki toimitettavat osat kokoonpano- ja maalausvalmiina, jolloin pesun vaatimat osat on pestävä logistiikan toimesta. Special haluaa logistiikan huolehtivan keräysten hienokuormituksesta. Kilvet tullaan yhä kaivertamaan ja toimittamaan logistiikan toimesta.

#### 4.1.3 Logistiikan asettamat tavoitteet

Pidemmät ja useimmiten toistuvat siirrot varastoon sisään ja varastosta ulos on hoidettava pääsääntöisesti automaattitrukeilla. Varaston sisällä automaattitrukki ei kuitenkaan tule operoimaan, vaan hakee ja tuo materiaalia ainoastaan varaston vastaanottoalueen rajapintaan AGV –vaunuille asetetuille alueille.

Kaikki prosessien keskeneräinen tuotanto on oltava jatkuvasti näkyvissä ongelmien tunnistamiseksi. Prosessien sisällä kuljetusmatkat ja kuljetustransaktiot on minimoitava.

Uuden tehtaan logistisen layoutin suunnittelussa tulee välttää takaisinvirtausta ja risteäviä materiaalivirtoja. Materiaalit on myös tuotava virtoihin siten, ettei sitä tarvitse lajitella, käänellä tai turhaan käsitellä.

ATO –venttiilien keräily tulisi kyetä suorittamaan kertakeräilynä tehtaalta. Tarvittavat materiaalit on siis jatkuvasti oltava varastossa ja materiaalien tulee täsmätä tietojärjestelmän ilmoittaman saldomäärän kanssa. Tilaukset Vindealta tulee pystyä tekemään ATO:n ja Stockin osalta täydennystilauksina etukäteen ja isommissa erissä, ei työkohtaisesti. Asentajien ja kokoonpanijoiden ei tule joutua itse hakemaan tilauskohtaisia osia vaan keräilyn tulee olla niin täydellinen kuin rakenteet mahdollistavat. Kokoonpanopisteiden käsivaraston täydentäminen pienosien osalta sallitaan päädyttyäessä tämänkaltaiseen ratkaisuun.

Varaston täydennykset on suunniteltava toimimaan vaivattomasti. Täydennystä tapahtuu koneistamosta, asennoitintehtaalta, toimilaitetehtaalta, tavarantoimituksesta ja Vindean varastolta. Kaikki kiertämätön ja käyttökelvoton materiaali on säilytettävä varaston ulkopuolella. Tätä varastoa on seurattava erikseen. Kiertämättömäksi lasketaan materiaali, jolle ei ole ollut vuoden aikana kulutusta.

Logistisessa suunnittelussa on myös huomioitava työturvallisuus. Mahdolliset riskit on tunnistettava ja kartoitettava, ja sopivat ratkaisut löydettävä henkilö- ja materiaaliriskien minimoimiseksi.

#### 4.1.4 Rajoittavat tekijät

Projektin toteuttamiselle on tavoitteiden lisäksi myös monia eritasoisia rajoittavia tekijöitä. Rajoitteita syntyy jo tulevan alueen rakenteellisista seikoista, sekä projektille asetetuista määräyksistä.

**Budjettipaine** – Projektilla on suuret budjettipaineet, jolloin investointimahdollisuudet ovat rajalliset. Halutut muutokset on siis pääasiallisesti toteutettava soveltamalla ja uusiokäyttämällä jo olemassa olevaa materiaalia, tai innovoimalla täysin uudenlaisia käyttömahdollisuuksia.

**Keskeytymätön tuotanto** – Tehdasta ei tulla sulkemaan muuton vuoksi, vaan tuotanto tulee olemaan käynnissä koko projektin ajan. Kapasiteettia tullaan laskemaan keskittämällä kokoonpanon lomapäiviä muuttoviikoille, mutta tavoitteellisesti tuotannon tulisi kyetä kaikkina aikoina ainakin 50 % kapasiteettiin muuton aikana. Näin ollen hyllytysten ja keräilyn tulee toimia katkeamattomasti kaikkien nimikkeiden osalta myös muuton aikana.



**Tahditettu aluemuutto** – Tukeakseen keskeytymätöntä tuotantoa, muuttaa tuotanto tulevan varaston alueelta vanhan FBA –varaston alueelle kokonaisuuksittain ja streameittain. Logistiikan muutto on tukitoimintona toissijainen prioriteetti. Tämän seurauksena varaston osia tullaan purkamaan saapuvien tuotannon kokonaisuuksien tieltä ja pystyttämään vapautuville alueille siinä järjestyksessä kuin se tukee katkeamatonta tuotantoa. Hyllyjen uusi sijoituspaikka ei siis välttämättä ole vielä vapaa lavahyllyjä purettaessa, josta huolimatta varastoitavien osien saatavuus keräilylle tulee jatkuvasti varmistaa.

**Betonipilarit** – Varaston lävitse kulkee ketju betonipilareita, jotka tukevat tehtaan kattorakenteita. Viiden metrin korkeudella betonipilareissa on levennyspaneeli, joka tekee pilarista 0,5 m leveämmän tällä korkeudella. Betonipilareita ei ole mahdollista purkaa vaarantamatta katon kantavuutta.

**Sähkökaapit** – Uuden varaston keskellä sijaitsee tehtaan pääsähkökeskus, sekä toinen pienempi sähkökaappi samassa linjassa pääsähkökaapin vieressä. Lisäksi tulevan varaston pohjoispäässä sijaitsee kolmas sähkökaappi. Sähkökaapit tarvitsevat eteensä 80 cm leveän esteettömän pääsyn huoltotöitä varten, jonka lisäksi sähkökaappien tulee olla suojattuna mahdollisilta vaurioilta. Alustavasti on esitetty mahdollisuus nostaa sähkökaapit kattoon ja rakentaa niille huoltosilta, jolloin sähkökaappien viemä alue olisi myös käytettävissä.

**Vesikaivot** – Uuden varaston alueella toimineen venttiilikokoonpanon jäljiltä alueella sijaitsee useita vesikaivoja ja viemäreitä. Kaivojen kansille on mahdollistettava pääsy tarvittaessa, joten niiden eteen ei voi rakentaa pysyviä rakennelmia. Lisäksi vesikaivojen päälle ei ole mahdollista rakentaa mitään kantavaa rakennetta.

**Lattiavalu** – Venttiilikokoonpanon koeponnauksen jäljiltä tulevan varaston alueen länsipuolella sijaitsee valutusallas, jonka päällä on ritilätaso. Tälle alueelle ei heti voi sijoittaa mitään rakenteita. Allas puhdistetaan, kaivot piikataan ja nostetaan altaan pohjalta lattiatasoon, ja allas täytetään betonilla. Betonivalun toteuttaminen on hidasta ja betonin kuivumisessa kuluu aikaa. Betonivalua ei päästä toteuttamaan ennen ponnausalueen muuttamista uudelle alueelle.

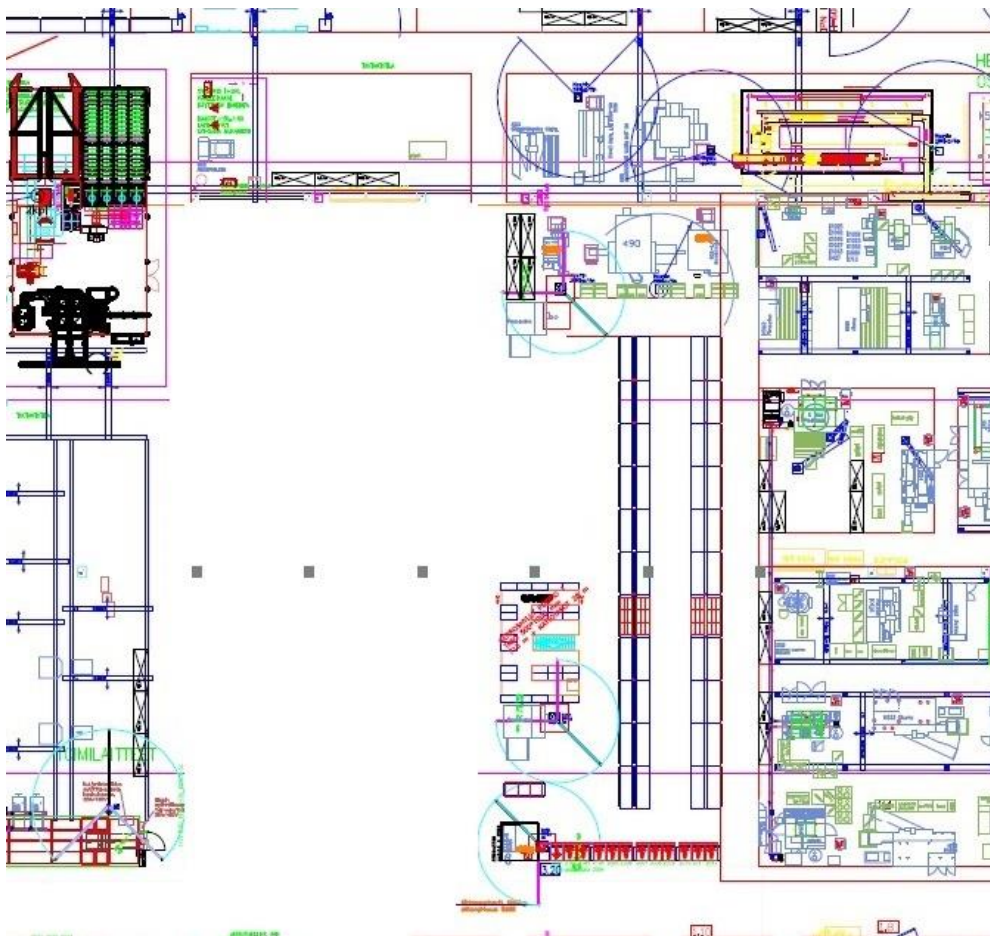
**Määrätty aikataulus** – Projektin alkaessa suunnitteluvaiheeseen oli varattu aikaa usean kuukauden ajaksi. Tuotantopaineiden vuoksi layoutin toteutusaikaa aikaistettiin ja lyhennettiin, jotta muuttoviikot sijoittuisivat tuotannollisesti hiljaisemmalle ajalle. Tehtaan olisi määrä toimia täydellä kapasiteetilla projektia seuraavien kuukausien aikana, joille ennustettiin tavallista korkeampaa tuotantokuormaa. Tämän vuoksi suunnitteluun käytettävissä oleva aika väheni merkittävästi.

## 4.2 Eri varastoversiot

Varastosuunnittelun pohjana toimi edellisen tehdasmuuton aikana luotu CAD –kuva alueesta, jossa ei tosin näkynyt kaikki vuoden 2010 muuton jälkeiset muutokset. Suunnittelu toteutettiin luomalla lukuisia konsepteja ja visuaalisia kuvia, joita iteroitiin viikoittain työntekijöiden kanssa. Tämän osallistamisen kautta pyrittiin hyödyntämään loppukäyttäjien ammattitaitoa ja etsimään suunnitelmista tiedostamattomia ongelmia. Tämän lisäksi suunnitelmia iteroitiin logistiikan toimihenkilöiden kesken, sekä tarvittaessa eri sidosryhmien, kuten osto-organisaation, edustajien kanssa. Hyväksi koettuja työntekijöiltä saatuja ehdotuksia muutoksista pyrittiin viemään eteenpäin linjaorganisaatiossa ja toteuttamaan. Lisäksi layoutin etenemisen suhteen oltiin yhteyksissä projektiryhmän kesken. Näin pyrittiin saamaan aikaiseksi lopputulos, joka tukisi sekä johdon, toimihenkilöiden, sidosryhmien, että loppukäyttäjien tarpeita.

### 4.2.1 Varastomuuton alkutilanne

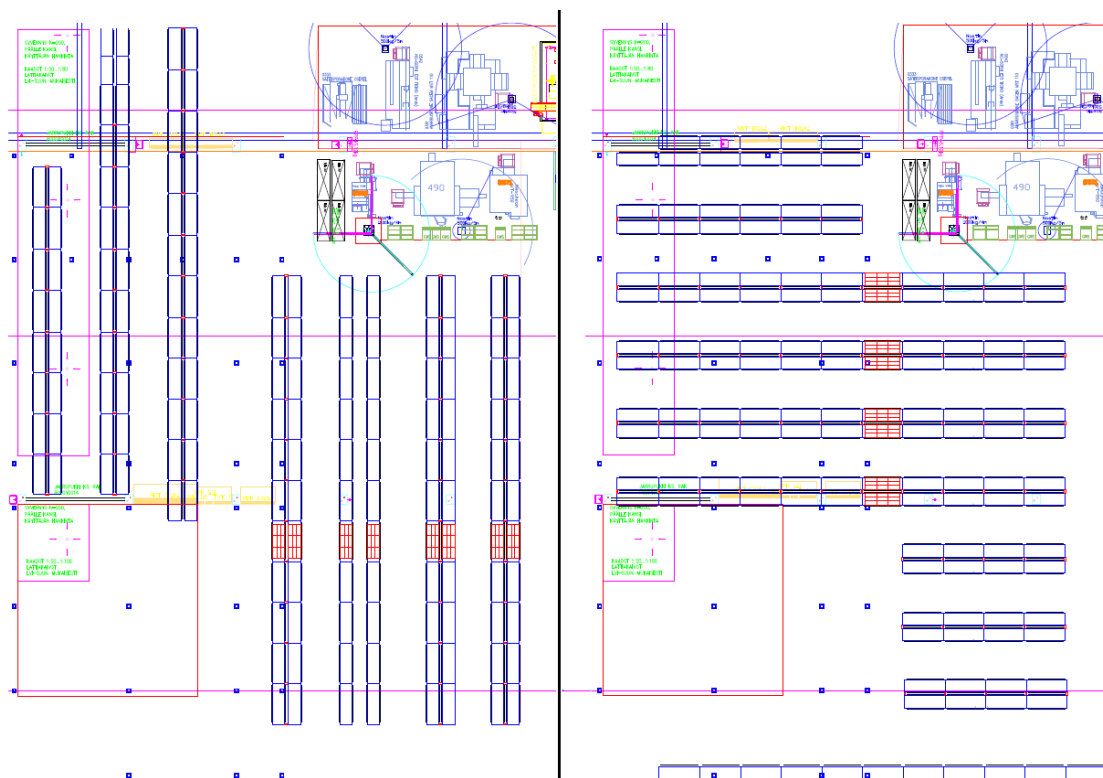
Ensimmäinen alustava layoutversio oli tyhjä kenttä, jossa näkyy käytettävissä oleva tila venttiilikokoonpanon poistuttua alueelta. Kuvassa 15 näkyy jo olemassa olevan FBB –varaston lavahyllyt ja pientavaravarasto, varastoa ympäröivien osastojen rajat, sekä tulevan varastoalueen poikki kulkevat betonipilarit.



Kuva 15, Alkutilanteen CAD -kuva

Kuvassa näkyy myös tulevan varaston ympäröivät alueet ja siihen liittyvät käytävät. Varaston yläpuolelta varastoon liittyy kaksi pystykäytävää, jotka puolestaan liittyvät tehtaan pohjoiseen poikkikäytävään. Varaston alalaita on suoraa tehtaan pääkäytävän laidalla, taaten sujuvan liittymisen tehtaan suurimpiin materiaalivirtoihin. Tehtaan molemmilla sivuilla on myös käytävät, joita käyttävät myös maalaamo lännessä ja tiivistekoneistus idässä. Näin ollen varasto ei voi rakentua täysin kiinni kumpaankaan alueeseen ilman uuden korvaavan väylän rakentamista.

Ensimmäisessä layoutsuunnittelupalaverissa luotiin alustavien hahmotelmien pohjalta kaksi karkeata CAD –kuvaa uudesta varastosta. Kyseisissä layouteissa arvioitiin mahdollisuuksia toteuttaa tuleva varasto joko vaakasuorina tai pystysuorina hyllyriveinä. Paikalla oli logistiikan toimihenkilöt, yksi tuotannonsuunnittelija, sekä yksi varastomies edustamassa lattiataason näkemystä. Kokouksessa arvioitiin myös mahdollisuutta sisällyttää pohjoisen poikkikäytävän ja tulevan varaston välinen alue osaksi varastoa. Tällä alueella sijaitsee Heavy-kokoonpanon lavapaikkoja. Heavy saisi tulevasta varastosta edellisen verran uusia lavapaikkoja varaston saadessa suoran pääsyn pohjoiselle poikkikäytävälle. Suunnittelukokouksessa valmistellut konseptikuvat ovat nähtävissä kuvassa 16.



**Kuva 16, Ensimmäiset CAD konseptikuvat**

Saadut CAD –kuvat esiteltiin viikoittaisessa osallistamispalaverissa ja alistettiin kommentoinnille. Molemmista ratkaisuista lavamäärät olivat samankaltaiset, mutta muita positiivisia ja negatiivisia puolia hahmotelmista löytyi. Yksimielisesti päätettiin myös, että keräysten viimeistelyalueen ja pientavaravaraston tulisi olla mahdollisimman lähellä pääkäytävää ja AGV –paikkoja joiden kautta materiaali liikkuu varastosta sisään

ja ulos. Näin ollen pientavara-alue on piirretty aluevarauksena kuvien vasempaan alareunaan. Kokouksessa nousseet alustavien ratkaisujen hyvät ja huonot puolet on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2, Konseptiratkaisujen arviointi**

| <b>Pystysuora ratkaisu</b> | <b>Vaakasuora ratkaisu</b> |
|----------------------------|----------------------------|
| + Selkeä pääkäytävä        | + Vakiolevyiset käytävät   |
| + Paljon syviä paikkoja    | + Vähän hukkatilaa         |
| + Alhaiset kustannukset    | - Monta lyhyttä käytävää   |
| - Erilevyisiä käytäviä     | - Koko varasto purettava   |
| - Hukkatilaa               |                            |

Pystysuorassa ratkaisussa on selvä pääkäytävä, jolla kaksi liikkuvaa trukkia mahtuvat ohittamaan toisensa vähentämättä nopeutta. Lisäksi pylväsjaon tuomia rajoituksia voidaan kääntää eduiksi pystyttämällä huomattava määrä syviä lavapaikkoja, joihin mahtuu kaikki varastossa varastoitavat tuotteet – myös ne jotka tulevat lavakaulusten ylitse. Lisäksi ensimmäiset neljä hyllyriviä ovat käytännössä valmiit jolloin muuton aikana on olemassa valmis väistöalue ja hyllypystytysten vaatimat kustannukset ja aika ovat pienemmät. Tämä on tärkeä seikka tuotannollisen rajoitteen näkökulmasta, sillä täysimittainen käyttö ei näillä hyllyriveillä missään vaiheessa katkeaisi. Toisaalta pystykäytävät ovat pylväsjaon vuoksi erilevyisiä ja pääkäytävän keskelle sijoittuu yksi betonipylväs. Lisäksi varastossa olisi huomattava määrä hukkatilaa jota olisi hankala hyödyntää.

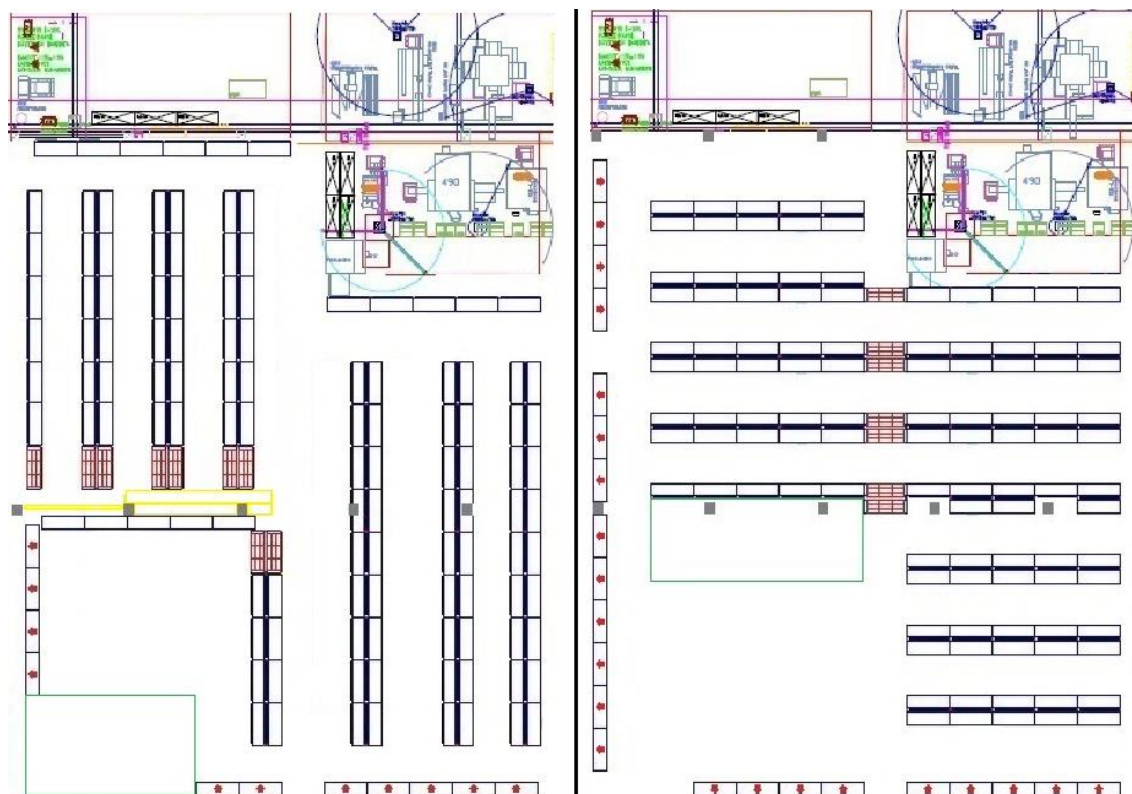
Vaakasuorassa ratkaisussa kaikki poikkikäytävät ovat vakiolevyisiä, jolloin trukinkäyttäjien on helpompi tottua yhteen samaan operointileveyteen. Lisäksi varastokonseptissa päästään hyödyntämään vapaat tilat paremmin, jolloin avonaiset alueet ovat helpommin hyödynnettävissä. Toisaalta ratkaisussa on monta lyhyttä käytävää, jotka aiheuttavat monta siirtymistä käytävien välillä ja hitaampia keräilyaikoja. Lisäksi suunnitelma vaatii käytännössä kaikkien varaston lavapaikkojen purkamista ja uudelleenpystytystä, jolloin väistöalueen olisi pakko olla rullaava sen sijaan että osa paikoista sijaitsisi jo valmiiksi lopullisilla paikoillaan.

#### **4.2.2 Toinen iteraatiokierros**

Edellisen suunnitelman jälkeen saatiin projektin ohjausryhmältä päätös siitä, että sähkökaapit tulevat jäämään alkuperäisille paikoilleen. Lisäksi sovittiin Heavy – streamin kanssa varaston yläpuolella olevien Heavyn omien lavahyllyjen jäävän Heavyn alaisuuteen olemassa olevassa muodossa. Suurimpana perusteena päätökselle oli alueen rajalla olevat sähkökaapit. Tässä vaiheessa päätettiin myös lisätä pesuprosessi osaksi logistiikkaa tuotannon vaatimuksesta. Aloitettiin selvitys mahdollisuudesta investoida läpivirtaavaan pesukoneeseen, sillä perinteiset jo olemassa olevat pesukoneet koettiin kömpelöiksi. ATO –tuotanto on päättänyt käyttämään omassa tuotantoprosessissaan

lavakärriä ja toivoisi keräilyn toimittavan keräykset suoraan lavakärriillä. Lavakärriästä on kaksi kokeilukäytössä olevaa prototyyppiä.

Aikaisemmat versiot ja niistä johdetut konseptihahmotelmat on esitelty työntekijöille viikoittaisissa palavereissa ja eri tarpeita ja vaatimuksia on edelleen tutkittu. Seuraavan iteraatiokierroksen kuviin on lisätty alustavat AGV –paikat ja layoutia on jalostettu saatujen kommenttien ja ehdotusten mukaisiksi. Osallistamispalavereissa on keskitytty erityisesti materiaalivirtojen ja kulkusuuntien arvioimiseen. Erilaisia konsepteja ja toimintamalleja arvioitiin ja suunniteltiin lukuisia vaihtoehtoja. Iteraatiokierroksen parhaimmiksi koetut versiot on esitetty kuvassa 17.



**Kuva 17, Toisen iteraatiokierroksen tilanne**

Molemmissa versioissa käytettiin hyväksi läntistä pystykäytävää, jonka pohjoispäästä saapuu maalaamosta varastoon suuntautuva materiaalivirta hyllyttämistä varten, ja eteläpäästä lähtee osa keräyksistä tuotantoon AGV –vaunuilla. Sekä maalaamon puskurissa, että AGV –paikoilla, ensimmäiset kaksi kerrosta lavahyllyistä olisi käytettävissä hyllyn molemmilta puolilta. Saapuva tavaravirta ja loput lähtevistä keräyksistä toteutuvat molemmissa vaihtoehtoissa pääkäytävän kautta. Pientavarahyllystöjen alustava tilavaraus on merkitty vihreällä. Suunnitelmassa on myös huomioitu sähkökaapit ja pylsävälit siten, että niistä on toiminnan kannalta mahdollisimman vähän haittaa. Molemmissa versioissa on laippatehtaan eteen pystytetty poikkihylly, joka eriyttää selvästi varaston toiminnan laippatehtaan toiminnasta.

Laskennallisesti pystysuorassa versiossa on 2998 lavapaikkaa, mukaan lukien 700 syvää lavapaikkaa. Vaakasuorassa versiossa laskennallinen lavapaikkamäärä on 3086, mukaan lukien 240 syvää lavapaikkaa. Pientavara-alueeseen ei olla tarkoituksellisesti syvennytty vielä tässä vaiheessa, sillä osia rajoitteista ei ole vielä päätetty. Toimilaitetehtaan muutto ratkeaa tuotannon omien alueiden päätöksenteon pohjalta, jossa Stock –kokoonpano muuttaisi toimilaitetehtaan varaston alueelle. Tämän seurauksena toimilaitetehtaan varasto siirtyisi yhdistettyyn varastoon, ja seurauksena pientavara-alueelle tulisi siirtää huomattava määrä toimilaitetehtaan varaston tarvikkeita.

### 4.2.3 Kolmas iteraatiokierros

Kolmannella iteraatiokierroksella keskityttiin keräyspyyhkäisyjen toteuttamiseen, hyllytysreittien suunnittelemiseen, sekä karkean materiaalisegmentoinnin luomiseen keräyksien variaatioiden vähentämiseksi. Lisäksi hienosuunnittelussa huomioitiin aiempaa keskittyneemmin turvallisuus osana suunnittelua. Aikaisempien kokousten kommenttien pohjalta päädyttiin lopulta toteuttamaan vaakasuuntainen versio. Perusteena oli keräyspyyhkäisyjen yksinkertaistaminen ja ajoturvallisuus.

ATO –tuotannon pyyntö keräysten toimittamisesta kärryillä koettiin liian hankalaksi toteuttaa. Kärryjen siirtäminen AGV –vaunuilla vaatisi rakenteellisia muutoksia, eikä manuaalisen siirtovoiman käyttäminen ole kannattavaa. Lisäksi tyhjien kärryjen paluulogistiikan ja varastoinnin järjestäminen koettiin liian vaivalloiseksi hyötyihin nähden. Selvitettiin Roclalta mahdollisuutta siirtää AGV –vaunuilla valmiita Metsolavoja varastosta suoraan kärryjen päälle, joka ei Roclan mukaan ole ongelma. Päädyttiin tähän ratkaisuun, joten keräykset tullaan myös jatkossa toteuttamaan lavakeräyksinä varaston sisällä ja nostamaan kärryyn vasta ATO:n tuotantopuskurissa.

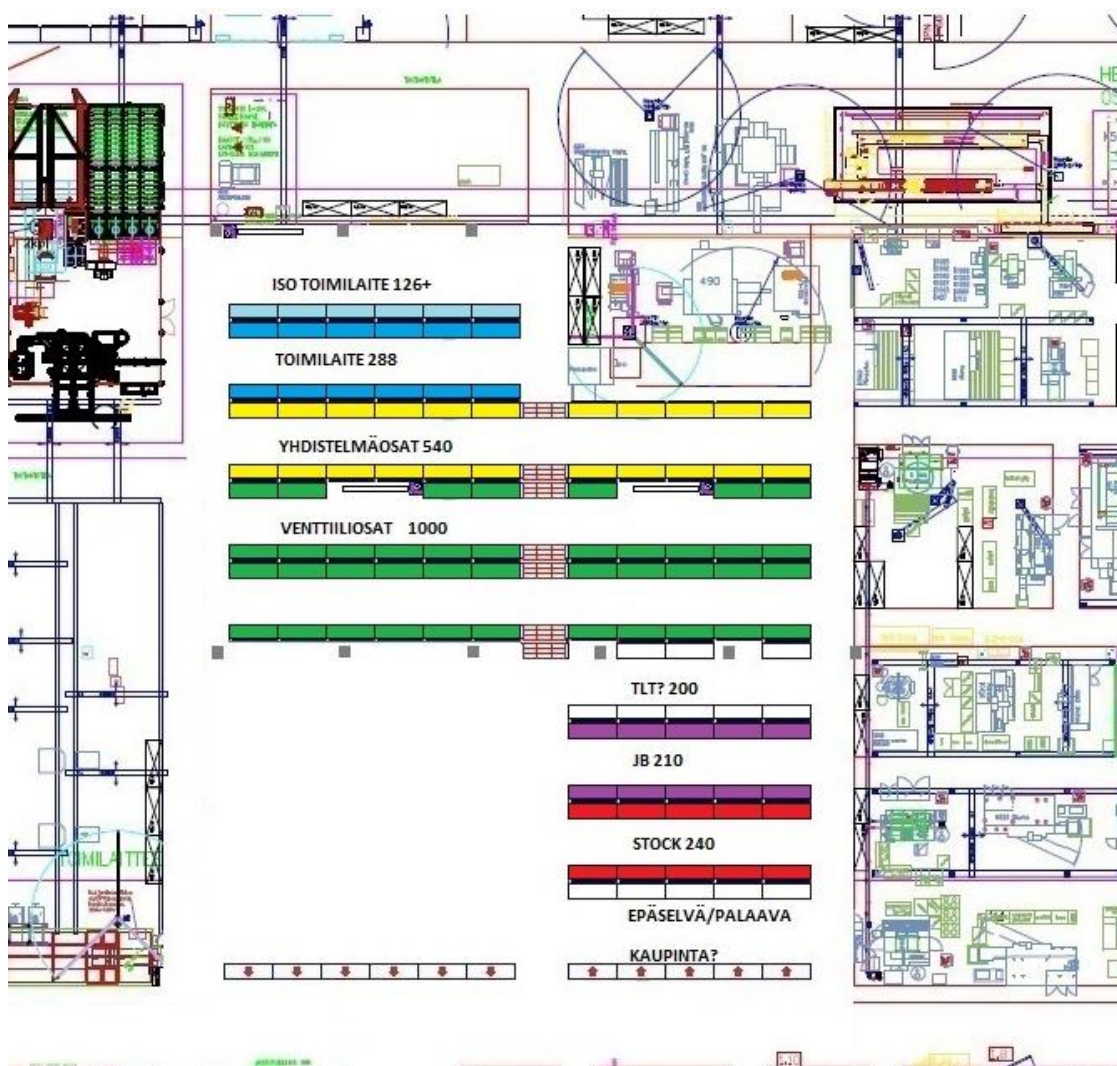
Koska länsikäytävää ei ole mahdollista leventää koko matkaltaan, ei suuri molemminsuuntainen trukkiliikenne käytävällä ole haluttavaa. Näin ollen luovuttiin AGV –puskurien pystyttämistä kyseisen käytävän varten. Samalla luovuttiin myös maalaamon pystysuuntaisen puskurin toteuttamisesta turhana välivaiheena ja Leanin vastaisena hukkana. Mahdollisuuksien mukaan käytävää kuitenkin pyrittiin leventämään varaston kustannuksella, jotta käytävältä käytävälle siirtyminen ja kohtaamistilanteissa suoritettavat väistötoimet olisi mahdollista suorittaa turvallisesti. Molemminsuuntaisen liikenteen toteuttamisen turvallisuutta kapeilla käytävällä pyrittiin myös kehittämään sulkemalla läntinen ja keskimäinen käytävä jalankululta.

Itäinen käytävä oli alustavasti varaston ahtain käytävä ja näin myös turvallisuusriski. Käytävän suhteen luotiin kompromissi toiminnan tehokkuuden ja kapasiteettitarpeen välillä, tinkimättä turvallisuuspuolesta. Käytävä jätetään kapeaksi jolloin saadaan säästettyä lavapaikkoja varaston käyttöön. Käytävän trukkiliikenteestä tehdään kuitenkin yksisuuntaista etelästä pohjoiseen, jolloin käytävä on pääasiallisesti saapuvan

tavaran hyllytyksiä toteuttavien varastomiesten käytössä. Tällöin vältetään myös hyllyjen välistä käytävälle liittyvien trukkien liikenteestä, joka on pimeiden kulmien vuoksi riskialtointa. Samoin käytävälle maalataan kävelyväylä kokoonpanon työntekijöille. Tiedostettu tosiasia on, että mikäli kaikki reitit suljetaan liikenteeltä, tulee luvattomia varaston ylityksiä tapahtumaan pidemmän kierron sijasta kokoonpanijoiden toimesta. Sallimalla kävelyliikenne tällä käytävällä, taataan kokoonpanon työntekijöille riittävän suorat kävelyreitit pukuhuoneisiin, tauoille ja ruokalaan. Jalankulkua kapealla yksisuuntaisella käytävällä, jossa trukinkuljettajalla on jatkuva näkyvyys koko käytävästä, voidaan pitää riskittömämpänä vaihtoehtona luvattomien jalankulkijoiden liikkumiseen varaston alueella, jossa sijaitsee lukuisia pimeitä kulmia.

Yksimielisesti tiedostettiin, ettei vanhanmallinen avoimen varaston konsepti, jossa lava hyllytetään sinne mihin se vain mahtuu, toimi enää näin suuressa varastossa. Vaikka tämänkaltaisella toiminnalla varaston täyttöaste nousee korkeaksi, hidastaa se keräilyä ja heikentää varaston hallittavuutta. Toiminnan parantamiseksi tulevan varaston nimikkeistö tulisi olla ryhmiteltynä isommiksi kokonaisuuksiksi. Alustava nimikkeistön karkea segmentointi perustui olemassa olevien varastojen materiaalmääriin, yleisten nimikkeiden kulutustietoihin, sekä varastohenkilöstön kokemukseen. Parhaimmaksi nähty segmentoitu varastolayout on nähtävissä kuvassa 18.





Kuva 18, Kolmannen iteraatiokierroksen tilanne

Alustavassa segmentoinnissa optimoidaan Stock –virran toiminta. Virta on volyymiltaan suurin, osiltaan yksinkertaisin ja aikaherkkyydeltään vaativin. Tämän vuoksi Stock –osat keskitetään yhdelle käytävälle, joka on pientavara –alueen välittömässä läheisyydessä. Seuraavaksi yksinkertaisin Jamesbury, joka ei käytä tehtaalla valmistettuja toimilaitteita, sijoitetaan myös Stock –osien ohelle. Toimilaitteet on keskitetty yhdelle alueelle varaston pohjoisosaan, jotta maalaamon tyhjentäminen pudotuslinjalta varastoon on välimatkaltaan lyhyt ja helposti keskitettävissä. ATO ja Special keräyksien suhteen käytetään eriytettyä FBA ja FBB –aluetta, jolloin voidaan ensin kerätä venttiiliosat, jonka jälkeen kerätään yhdistelmäosat ja toimilaitte. Toimilaitetehtaan varaston tulevaa sijaintia ei ole vielä päätetty, joten sille on hankittu noin 200 lavapaikan kokoinen tilavaraus. Jollei toimilaitetehtaan muutto toteudu, sijoitetaan käytävälle FBA:n erikoisosia. Kaupintaosat, jotka on sopimuksellisesti pidettävä erillään tehtaan muista osista, sijoitetaan saapuvan tavaran hyllyn yläpuolelle. Nämä paikat ovat keräilyn kannalta epämieluisimmat paikat, joten ne soveltuvat kaupintaosien säilytykseen. Uutena asiana luotiin myös epäselvän ja palaavan materiaalin lavapaikat, jolla pyritään poistamaan lattialla odottavien lavojen ongelma.



Näin ollen keskeytyneiden keräysten ja ongelmallisten lavojen määrät on helpompi visualisoida, lavoja ei tarvitse enää etsiä, sekä kompastumis- ja törmäysvaaraa saadaan alennettua.

Iteraatiokierroksella arvioitiin myös nosturitarvetta. Aikaisemmassa varastolayoutissa FBA –varastolla oli ollut käytettävissä yksi nosturi, jolla nostettiin pääasiallisesti toimilaitteita ja valmiita venttiileitä. FBB –varasto oli käyttänyt FBB –varaston ja venttiilikokoonpanon käyttävän varrella olleita nostureita nostamaan isojen venttiilien komponentteja. Uudella alueella kaikki nosturit tulisivat olemaan varaston omia.

Nostokapasiteetin keskittämisen sijasta päädyttiin hajauttamaan nostokapasiteetti varastoon, jolloin keräysten ajometrien määrää pyritään vähentämään. Koska venttiilit eivät enää palaudu varastoon tuotannon kanssa sovitun toimintatapamuutoksen ansiosta, tarvitsee vanhan FBA:n osista ainoastaan toimilaitteet ja hajanaiset Jamesburyn nimikkeet nostokapasiteettia. Pesuprosessi tulee joka tapauksessa tarvitsemaan ainakin yhden nosturin, jolloin Jamesbury tuotteita voidaan nostaa näillä nostureilla. Toimilaitteet on maalaamon kanssa tehdyn sopimuksen helpottamiseksi keskitetty yhteen paikkaan lähelle maalaamon pudotuslinjaa, joten sinne tarvitaan ainakin yksi nosturi joka kykenee 500 kg nostoihin. Kaksi muuta sijoitetaan venttiiliosakäytävälle sillä ajatuksella, että samalla käytävällä tulee lopullisessa ratkaisussa olemaan pääsääntöisesti kaikki FBB:n nostoa vaativat komponentit.

FBA:n vanha nosturiratkaisu oli tilankäytöllisesti epätehokas, ja trukkien mastot osuivat usein pylväspuominosturin puomiin, aiheuttaen käyttökatkoja ja materiaalivahinkoja. Koska varaston ainoa nostotarve on painavien osien lempaaminen yhdeltä lavalta toiselle, ei puominostureiden kääntöominaisuus ole välttämätön. Purkamalla hyllyrivistä kaksi hyllyväliä toispuoleisesti ja asettamalla puominosturi tähän tilaan, voidaan nostureita hyödyntää turvallisemmin ja tilatehokkaammin. Tällöin puominosturia ei käännetä käytävän puolelle, vaan kaikki nostot toteutetaan pitkästä nostoina lavalta lavalle. Nosturin operointi ei myöskään katkaise käytävän liikennettä, kuten vanhassa ratkaisussa, jolloin ruuhkautumiselta voidaan välttyä. Vaikka ratkaisu olisi toteutettavissa myös lavahyllyjen väliin asennettavana kiskona, jolloin kiskon yläpuoliset lavapaikat voitaisiin yhä hyödyntää, toteutetaan ratkaisu kuitenkin puominostimella. Perustelu tälle on, että Metsolla on jo puominostureita joita voidaan siirtää uusille paikoille, kun taas kiskoratkaisu olisi vaatinut uuden investoinnin ilman riittävän hyvää takaisinmaksuaikaa tai perustelua.

#### **4.2.4 Pientavara-alueen suunnittelu**

Iteraatiokierroksen aikana saatiin päätös, ettei Stock –kokoonpano tule muuttamaan toiminta-alueitaan. Seurauksena toimilaitetehtaan varasto ei tule siirtymään yhdistetyn varaston tiloihin, jonka vuoksi logistiikka saa ottaa toimilaitetehtaalte varatun alueen omaan käyttöönsä. Logistiikka saa myös käyttöönsä pääkäytävän toisella puolella

sijaitsevan vanhan FBB –selvityspisteen käyttämän alueen, jolle saadaan sijoitettua trukkien latausalue, jolloin kyseistä tilaa ei tarvitse varata varaston sisältä. Investointiehdotukset on myös käsitelty. Saatujen tietojen pohjalta voidaan toteuttaa osallistava suunnittelupalaveri pientavara-alueen tulevasta layoutista. Pientavara-alueen suunnittelun kriteerien painotukset oli jaettu seuraavanlaisesti:

- **Turvallisuus** **40%**
  - *Trukkiliikenne*
  - *Koneet*
- **Keräilyn tehokkuus** **30%**
  - *Nopea ja helppo keräyksen suorittaminen*
- **Hyllytyksen tehokkuus** **15%**
  - *Pientavaroiden helppo hyllytys*
- **Muokattavuus** **15%**
  - *Helppo muuttaa keräilytapaa*
  - *Mahdollisuus muuttaa pientavarahyllystö => Pateri*
  - *Mahdollisuus muuttaa pesukone => läpivirtauspesukone*

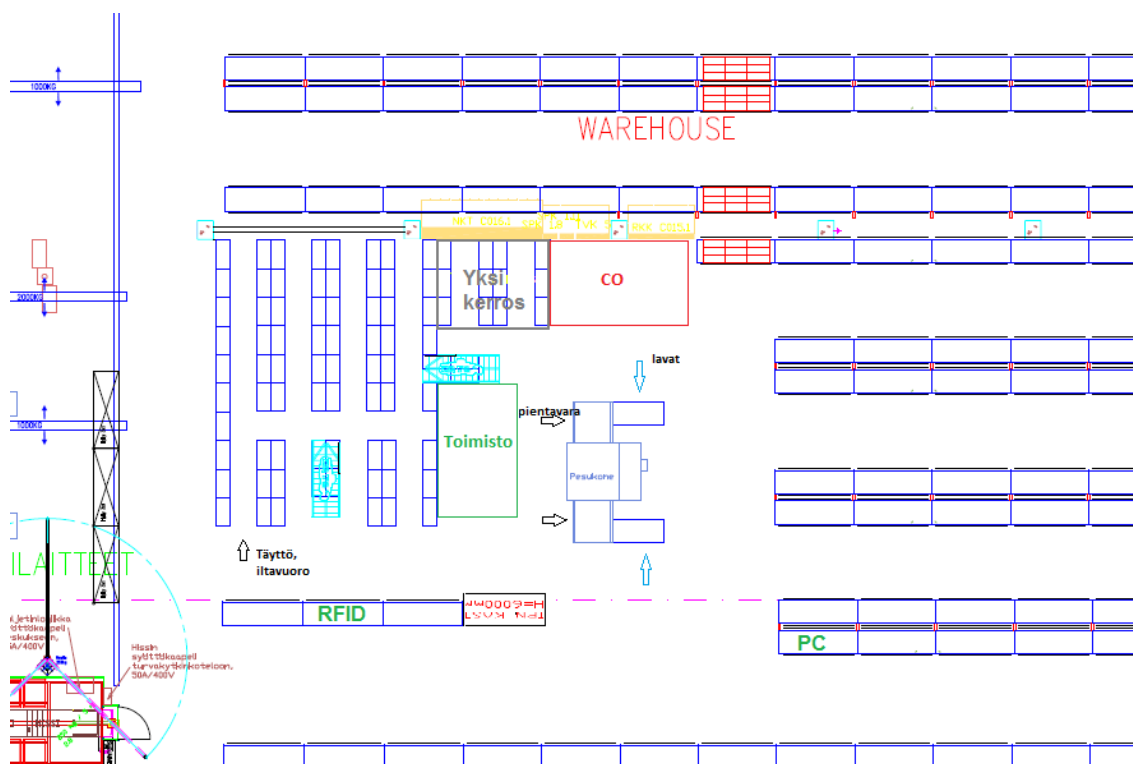
Pientavara-alueelle tuli alustavan tiedon mukaan 2 pesukonetta, pientavarahyllystö, pientavarapateri, IMO –pateri, lähtevien keräysten puskuri, epäselvien hylly, toimisto, tarvittava nosturikapasiteetti, sekä CO-pakkausalue. Lisäksi tuli suunnitella alueen sisään tulot ja kiertosuunnat. Osallistavassa kokouksessa suunniteltiin erilaisia konsepteja paperille, liikutellen alueella oikeassa mittasuhteessa olevia varastoon sijoitettavia komponentteja.

Kokouksessa vahvimmin esille nostettu aihe liittyi ajoturvallisuuteen. Aikaisemmassa layoutissa pientavarahyllystön ensimmäisen kerroksen poikkikäytävältä oli suora yhteys trukkipäädylle. Hyllyvälistä ulos astuva keräilijä, joka lukee keräilykortistaan seuraavaa keräiltävää nimikettä, voi astua suoraa liikkuvan trukin eteen. Suurena prioriteettina päätettiin poistaa tämä ongelma uudessa versiossa. Toisaalta lavakeräilyn jälkeisen pientavarakeräilyn suorittamista varten olisi toivottavaa ettei trukkia joutuisi jättämään kovin kauaksi pientavarahyllystä. CO keräilijät tarvitsevat oman alueen johon on pääsy trukilla, nostokapasiteettia puominosturin muodossa, sekä pääsy pientavarahyllystöön. Läheinen sijainti toimistoon nähden koettiin myös tärkeäksi keräyskorttien tulostamisen ja jakamisen vuoksi.

Alustavasti varastoon piti tulla kaksi pesukonetta, jotta pesukapasiteetti vastaisi keräilyn kapasiteettivaatimuksia. Yksi tehtaalla olevista pesukoneista oli kuitenkin malliltaan sellainen, että sitä kyetään täyttämään molemmista suunnista. Näin ollen toiselta puolelta käynnistetyn pesun aikana voidaan edellinen pesu purkaa ja uusi pesu valmistella. Täten pesukoneen toiminta-aste voidaan pitää korkeana. Kyseisellä pesukoneella yksi standardipesu kestää 12 min. Samalle rutilälle mahtuu tarvittaessa

kolmen MO:n pestävät osat samanaikaisesti. Palautteen ja pistokokeiden perusteella likaisuuden vuoksi pestäviä keräyksiä on noin 10 % kaikista keräyksistä, jolloin osissa on varastorasvoja tai likaa. Yhdistettynä aina pestäviin maalattaviin osiin, saadaan pestävien osuudeksi noin 46 % kaikista tehtaalla tuotettavista venttiileistä, eli noin 8600 venttiiliä/vuosi. Laskemalla keskimäärin 1,5 MO:ta/pesu, saadaan vaatimukseksi 2,06 pesua/tunti. Pesun kestäessä 12 min + 4 min asetteluun, saadaan pesukoneen käyttöasteeksi 55,1 %, eli kapasiteetti riittää myös keräilypiikkien aikana yhdellä pesukoneella.

Ensimmäisen suunnittelukokouksen jälkeen laadittujen ajastustietojen pohjalta päädyttiin käyttämään ainoastaan yhtä pesukonetta, joka on molemmista suunnista täytettävä. Lisäksi Vindean kanssa laaditun sopimuksen mukaisesti IMO –pateri siirtyy Vindean hallinnoiman pakkaamon alaisuuteen, jolloin venttiiliyhdistelmän IMO kerätään ja pakataan vasta lopullisessa pakkausvaiheessa. Suunnitelmaan lisättiin myös RFID –hyllyjen sijainti. Lisäksi oli nostettu esille varastomiesten hyllytys- ja selvitystoiminnan tietokonetarve. Budjettipaineiden vuoksi pientavarahyllystöjen rakenteellinen muokkaaminen oli myös rajallista, joten jalostettu layout toteutettiin toteutettavaksi suurelta osin jo olemassa olevista komponenteista. Luotu suunnitelma pientavara-alueen layoutista on esitetty kuvassa 19.

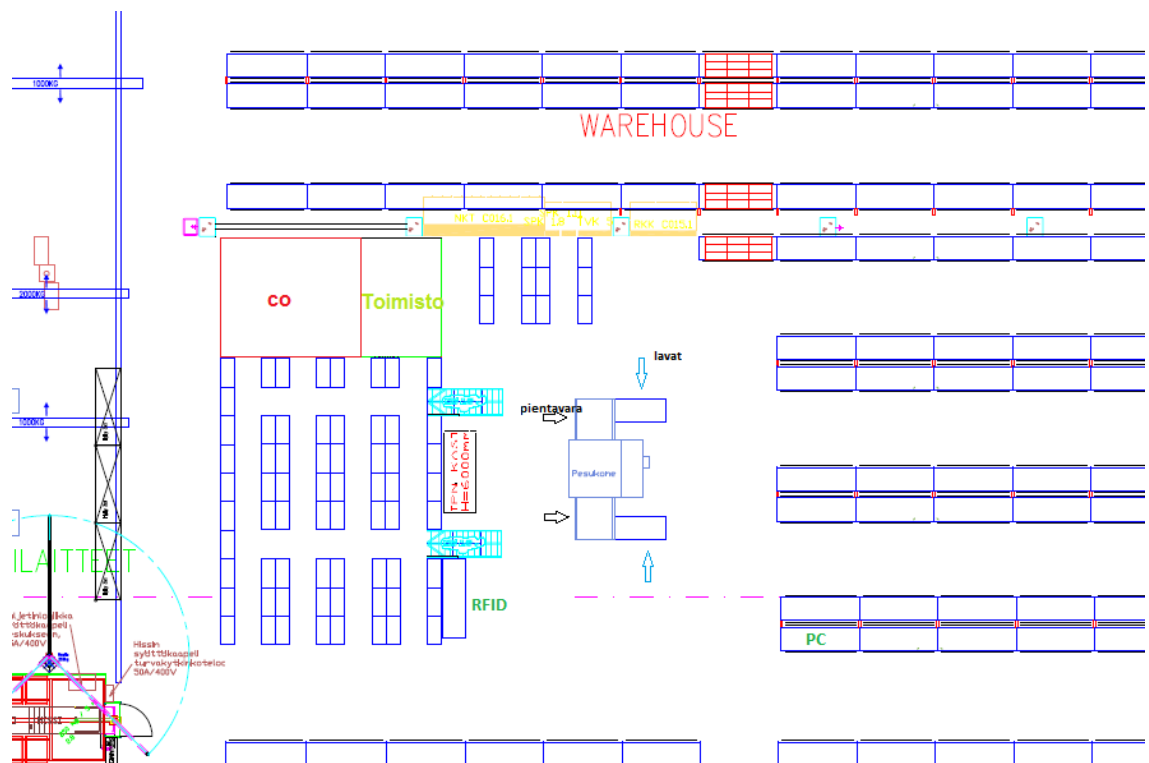


Kuva 19, Jalostettu pientavara-alueen CAD layout

Ratkaisussa pientavarahyllystö toteutetaan pystyttämällä FBA:n ja FBB:n pientavarahyllystöt peräkkäin. Koska FBA:n pientavarahyllystö on yhden käytävän verran leveämpi, siirretään korvaava määrä nimikkeitä yksikerroksiseen

pientavarahyllystään pääasiallisen pienavarahyllystön itäpuolelle. Hyllystön jatkoksi perustetaan CO –keräilyn alue. Toimisto, jossa kaiverretaan keräysten kilvet, tulostetaan keräyskortit, ja jossa keräykset kuitataan, sijoitetaan keskeiselle paikalle pienavarahyllystön ja pesukoneen väliin. Jotta jalankulku olisi turvattua, jaetaan pienavara-alue trukittomaan ja trukilliseen alueeseen. Alueen rajoina toimivat CO –alue pohjoisessa ja pesukone idässä, joiden lisäksi ylimääräisiä hyllypaikkoja pystytetään rajaamaan alue etelästä lavapaikoilla, joihin sijoitetaan epäselviä keräyksiä, keskeneräisiä töitä, sekä RFID –hyllystö. Pateri sijaitsee toimistoa vastapäätä, sisältäen erikoisemmat piennimikkeet. Koska investointitarve kämmentietokoneille olisi verrattain suuri, päädyttiin tulevan materiaalin tietokonetarpeen suhteen ratkaisuun, jossa sisääntulevan materiaalin alueelle sijoitetaan lavahyllyyn kaksi seisoen operoitavaa tietokonetta. Tämä vähentää tarvetta ylittää trukkoliikennöityä käytävää, koska epäselvissä tapauksissa ei enää tarvitse käydä toimistossa tietokoneella.

Rajoitustekijänä on kuitenkin tuotannon katkeamattomuuden takaaminen. FBA:n pienavarahyllystö tulee saada purettua ja pystytettyä keräilyvalmiiksi yhden viikonlopun aikana. Tuotannon vaatimusten mukaisesti järjestetty muuttoalueisiin jaettu muutto poistaa mahdollisuuden käyttää alkuperäistä suunnitelmaa. Alue, jolle FBA:n pienavarahyllystö piti pystyttää, ei ole vielä vapaa silloin, kun FBA:n pienavarahyllystö täytyy purkaa ATO –kokoontalon tieltä. Ratkaisuna siirretään pienavarahyllystöä etelämmäksi. Lopullinen pienavara-alueen suunnitelma on esitetty kuvassa 20.

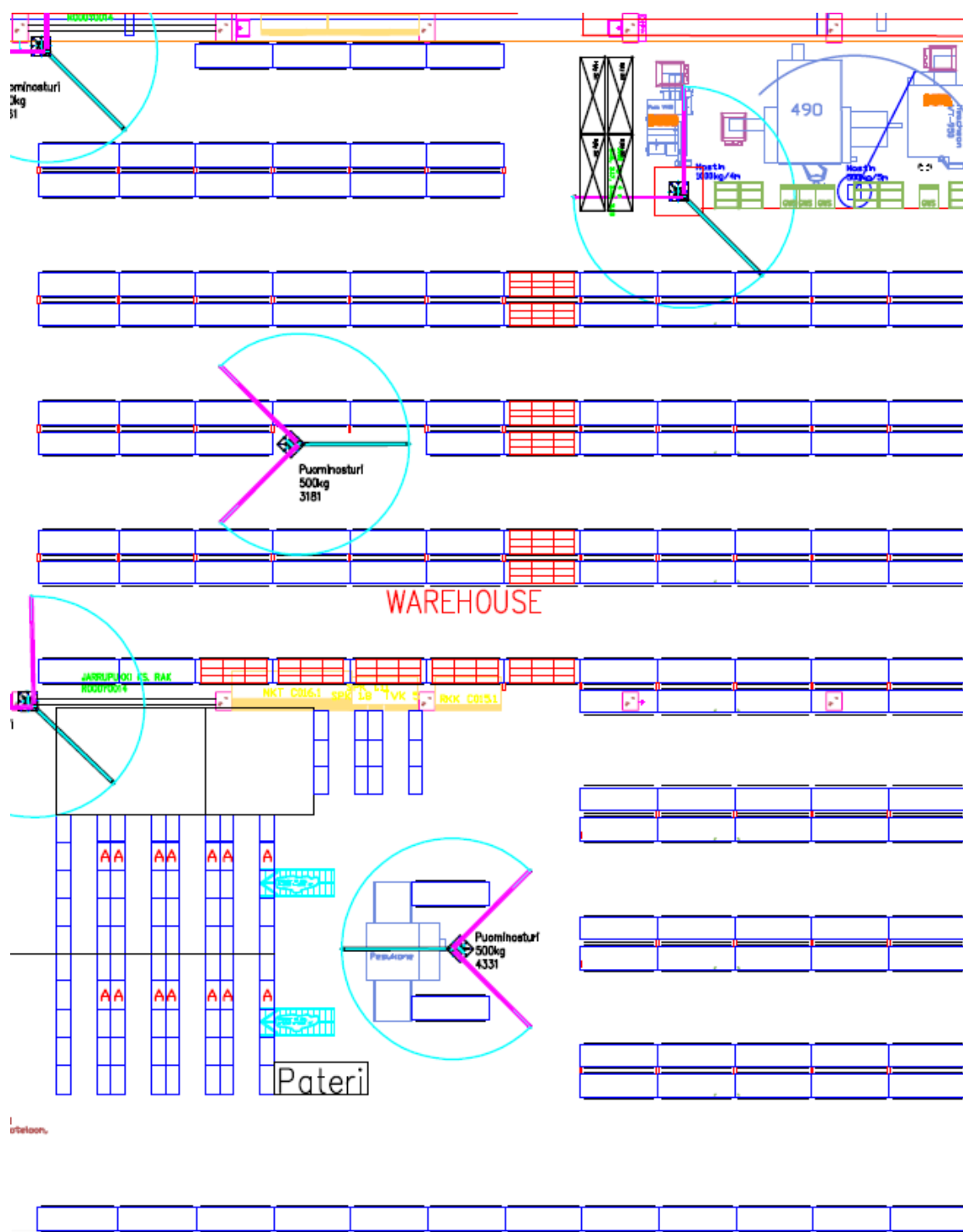


Kuva 20, Suunnitteluvaiheen lopullinen pienavara-alueen ratkaisu

Ratkaisussa tulevan varaston toimisto ja CO-keräilyn alue siirretään pientavara-alueen tilavarauksen pohjoisosaan. Tämä alue saadaan projektissa aivan viimeisenä varaston käyttöön vaativien täyttö- ja valutöiden vuoksi. Koska pientavarahyllystö joudutaan siirtämään etelämmäksi, täytyy suunniteltu RFID –hylly purkaa. Ilman hyllyjen luomaa rajausta, on laskeutuminen portaita pitkin trukikäytävälle turvallisuuden kannalta epähaluttavaa. Siksi portaat siirretään pientavarahyllystön itäpuolelle. Leveän käsittelyalueen menetyksen vuoksi avataan varastoon uusi sisääntuloaukko keskelle, jotta trukiliikenne jakautuisi tasaisemmin varastosta ja varastoon.

#### **4.2.5 Neljäs iteraatiokierros**

Neljännellä iteraatiokierroksella pientavara-alue yhdistettiin muuhun layoutiin ja alueesta luotiin tarkoilla mitoilla toteutettu CAD –kuva. Iteraatiokierroksella suunnitelma validoitiin osallistamalla, pyrittiin yhä jalostamaan suunnitelmaa ja hankkimaan mahdollisimman paljon lavakapasiteettia. Kuva neljännen iteraatiokierroksen layoutista on nähtävissä kuvassa 21.



### Kuva 21, Neljännen iteraatiokierroksen tilanne

Aikaisempaan versioon verraten on uudessa versiossa rakennettu kaksi hyllyriviä lisää; isojen toimilaitteiden lattiapaikat on korvattu toimilaitteille tarkoitetuilla lavahyllyillä ja laippatehtaan eteen on pystytetty uusi hyllyrivi laippatehtaan omien ja varaston hitaasti kiertävien nimikkeiden käyttöön. Tila näille uusille hyllyriveille saatiin aikaisesti luomalla uudenlainen lähestymistapa sähkökaappeihin. Alkuperäisessä suunnitelmassa sähkökaapeille olisi jätetty 80 cm leveä huoltokäytävä sähkökaappien ja lavahyllyjen väliin. Uudessa versiossa jätetään sähkökaappien eteen yhä vaadittu operointitila, mutta

tilan yläpuolinen tila hyödynnetään lavahyllyillä. Tässä ratkaisussa pystytetään sähkökaapin eteen lavahyllystö, jonka ensimmäiset neljä kerrosta on purettu pois, ja viidennen tason alle asennetaan suojaverkko. Tämän lisäksi hyllystön taakse asennetaan suojaverkko, jotta lavahyllystä ei voi tippua lavoja onnettomuustilanteessa sähkökaapin päälle. Lavahyllyjen pystypalkkijako on käypä, jolloin palkit eivät estä minkään sähkökaapin osan avaamista tai käyttöä.

Logistiikalle resursoitiin ja nimettiin myös uuden varaston alueelle siirtyvät kääntöpuominosturit. Puominostureita on lopulta tulossa neljä kappaletta varaston alueelle. Nostokapasiteetti on vähäisempi kuin anottu, mutta yhä riittävä. Varaston puolelle asennetaan kaksi 500 kg puominosturia, toinen toimilaitteiden, ja toinen venttiiliolosien nostamiseen. Pesukoneen puominosturia käytetään molemmista suunnista täytettävän pesukoneen täyttöjen ja purkujen toteuttamiseen, jonka lisäksi nosturi palvelee myös Jamesbury –nimikkeiden nostotarpeita. Lisäksi 250 kg nosturi, jolla ei ole omaa pystypylvästä, asennetaan CO –alueelle betonipylvääseen käsivoimin liian raskaiden kappaleiden nostamista ja suojausta varten.

#### 4.2.6 LVIS –suunnittelu

Varaston suunnittelu oli jo riittävän pitkällä, jotta suuria rakenteellisia muutoksia ei enää tapahtuisi. Aikataulussa pysymisen varmistamiseksi kyettiin jo tämä versio toimittamaan projektin LVIS –työt toteuttavalle urakoitsijalle. Jalostettuun varastolayouttiin suunniteltiin alustavat sähkövedot toimitettavaksi LVIS –urakoitsijalle, jonka oma sähkösuunnittelija luo tarkemman sähkösuunnitelman alueelle. Suunnitellut sähkötarpeet on esitelty taulukossa 3.

**Taulukko 3, Uuden varaston sähkötarpeet**

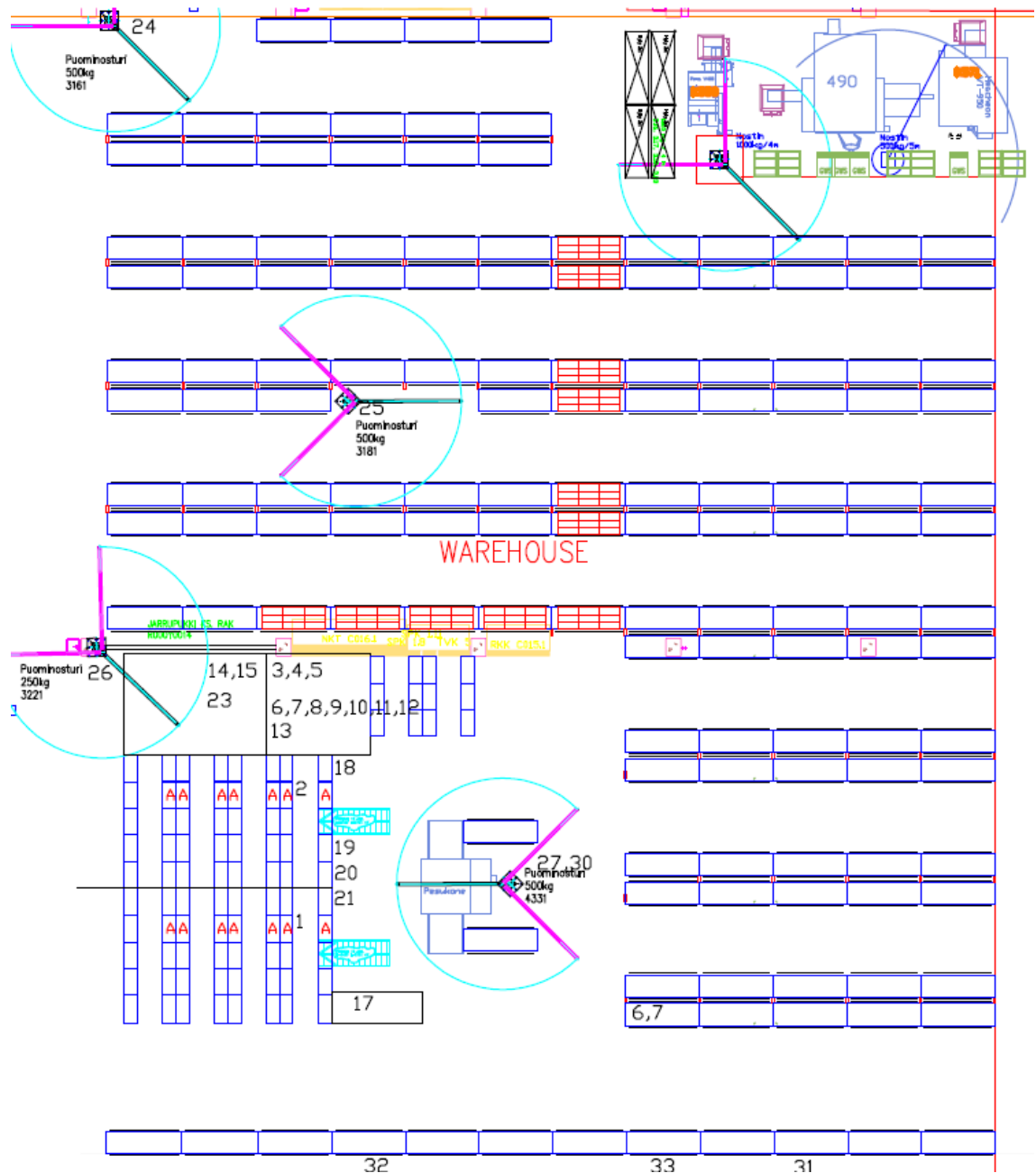
| Numero Nimi                               | Numero Nimi                                 |
|---|---|
| 1 Pientavara kerroshyllystö 1             | 18 RFID-tilausasema                         |
| 2 Pientavara kerroshyllystö 2             | 19 RFID-tilausasema                         |
| 3 Kilpikone 1                             | 20 RFID-tilausasema                         |
| 4 Kilpikone 2                             | 21 RFID-tilausasema                         |
| 5 Kilpikone 3                             | 22 Trukin latauspiste 3x10A                 |
| 6 Tuotannon toimistopiste                 | 23 Nostopöytä (CO delivery process) 3x3,38A |
| 7 Tuotannon toimistopiste                 | 24 Kääntöpuominosturi 1000kg                |
| 8 Tuotannon toimistopiste                 | 25 Kääntöpuominosturi 1000kg                |
| 9 Tuotannon toimistopiste                 | 26 Kääntöpuominosturi 250kg                 |
| 10 Tuotannon toimistopiste                | 27 Kääntöpuominosturi 1000kg                |
| 11 Tuotannon toimistopiste                | 28 Pesukone 3x63A                           |
| 12 Tuotannon toimistopiste                | 29 Pesukone 3x80A                           |
| 13 Tuotannon toimistopiste                | 30 Pesukone 3x80A                           |
| 14 Tuotannon toimistopiste                | 31 AGV-anturoidut lavapaikat                |
| 15 Tuotannon toimistopiste                | 32 AGV-anturoidut lavapaikat                |
| 16 Pater noster -varastoautomaatti 3x7,7A | 33 AGV-datakeskus                           |
| 17 Pater noster -varastoautomaatti 3x9A   |   |

Kerroshyllystään tulevat pientavarahyllystön valaisimien sähkövedot, sekä lisäksi vesisyöttö pientavarahyllystön sprinklelöintiä varten. Koska pientavarahyllystö tulee muuttamaan kahdessa eri osassa, tullaan myös sähkövedot toteuttamaan molemmille erikseen. Kaikki vanhojen varastojen kilpikoneet tullaan siirtämään tulevan varaston toimistoon. Toimistoon sijoitetaan myös kilpikoneiden operointiin tarvittavat tietokonepisteet, sekä kuittauspisteet keräilijöille. Yhteensä 4 pistettä alakertaan ja 2 pistettä yläkertaan. Pisteille tulee sekä 230V pistorasiat, että 230V datapistorasiat.

Lisäksi toimiston viereiselle CO-keräilyalueelle asennetaan kaksi tietokonepistettä CO – kuittauksille, sekä nostopöytä CO -pakkaustoiminnalle. Kaksi tietokonepistettä asennetaan saapuvan tavarahan alueelle hyllytyshenkilöstön käyttöön. FBA:n IMO-pateri siirtyi Metson logistiikkakumppani Vindean hallinnoimaan tehtaan pakkaamoon FBB:n osapaterin pysyessä logistiikkaorganisaation käytössä. RFID –asemat asennetaan keskitetysti pientavarahyllystön oheen. Trukkien latauspiste tullaan sijoittamaan varaston ulkopuolelle varaston sisäisen toiminnan tukitoimintona.

Kääntöpuominostureiden syöttövirtoja tulee lopullisesti varaston alueelle 4 kpl, yksi 250 kg kääntöpuominosturille, sekä kolme 500 kg kääntöpuominostureille. Yksi kahdelta suunnalta täytettävä pesukone jää varaston käyttöön, kahden muun poistuessa alueelta tuotannon alueelle. Voimavirtaliitännän lisäksi pesukoneeseen liitetään vesiliitos ja paineilmaliiitos. Roclan AGV –paikoista datakeskus ja saapuvan alueen AGV –paikat ovat jo valmiiksi omilla paikoillaan, joten niihin ei tule muutoksia. Uusiin AGV –paikkoihin tuodaan energia olemassa olevasta AGV –datakeskuksesta. Energiat tullaan pääsääntöisesti tiputtamaan tehtaan katossa olevista virtakiskoista. Energiasuunnitelman paikkojen sijainnit ovat nähtävissä kuvassa 22.





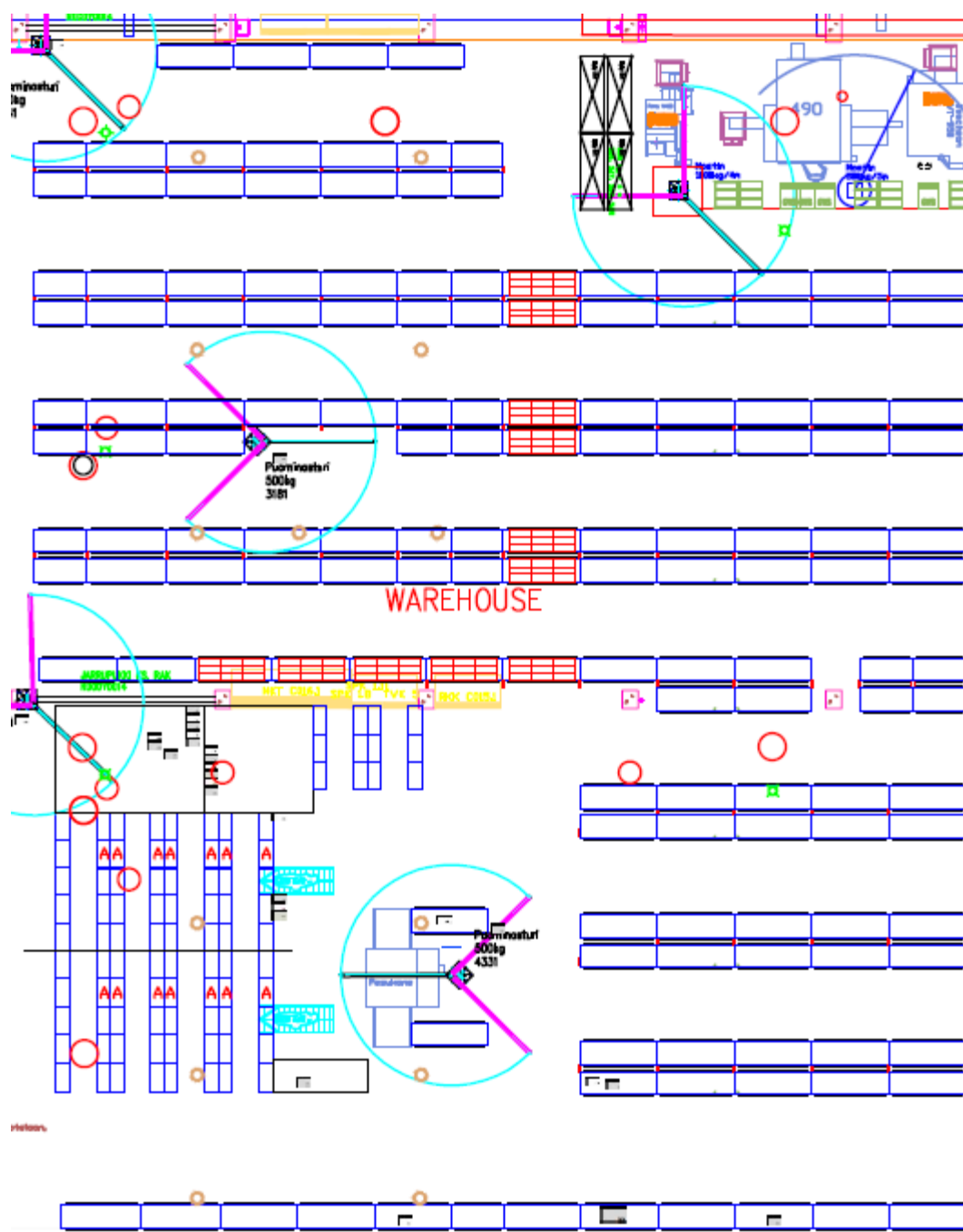
Kuva 22, Sähkösuunnitelma CAD -kuvassa

Tulevien LVIS –asennusten lisäksi luotiin alustavat suunnitelmat olemassa olevien sähköjen, vesiliitosten, sekä paineilmaputkien purkamisesta. Osa jo olemassa olevista sähköliitoksista jäävät muuton yhteydessä tarpeettomiksi tai tulevat suunnitellun toiminnan tielle. Joka tapauksessa kaikki sähkövedot tulee purkaa olemassa olevista varastoista ennen tavarantoimittajien tai lavahyllyjen purku- ja pystyttämistöitä, jotta ne voidaan turvallisesti suorittaa omalla osuudella muutosta.

#### 4.2.7 Lopullinen versio ennen muuttoa

Viimeisellä iteraatiokierroksella keskityttiin mahdollisimman hyvän ja toteutettavissa olevan ratkaisun luomiseen, jota ruvettaisiin toteuttamaan seuraavana viikonloppuna. Tiukennetun aikataulun vuoksi hyväksyttiin se tosiasia, ettei kaikkia mahdollisia kohteita tulevasta varastosta kyetty suunnittelemaan ja päättämään lopullisesti ennen itse fyysisen muuton aloittamista. Jotta osallistamisen periaatteet saataisiin toteutettua, tarvitsee suunnitteluprosessi enemmän aikaa kuin mitä oli käytettävissä. Tämä ei kuitenkaan tuota vakavia ongelmia, sillä muuttoprojekti on aikataulutettu toteutettavaksi selkeissä osissa. Ensimmäinen projektin vaihe koskettaa uutta tulevaa varastoa ainoastaan tulevan varaston pientavarahyllystön ensimmäisen puolikkaan pystyttämisen osalta. Täten itse lavahyllyjen pystyttäminen uuteen varastoon alkaa vasta kaksi viikkoa myöhemmin, jolloin hienosuunnittelua voidaan vielä jatkaa muuttoprojektin ollessa jo käynnissä. Näin ollen reagointiaikaa mahdollisiin uusiin havaittuihin ongelmiin on yhä käytettävissä. Muuttoprojektin toteuttaminen alkoi siis viidennen iteraatiokierroksen layoutsuunnitelman mukaisesti, ja samanaikaisesti säilytettiin suunnitteluresurssia nopeiden muutosten tekemistä varten tarvittaessa.

Viimeisellä muuttoa edeltävällä suunnittelukierroksella huomattiin myös virhe suunnittelussa; vaikka vesikaivot oli tiedostettu suunnittelussa, sijaitsi alueella myös prosessikaivoja, joiden sijainneista ei ollut heti saatavissa CAD –kuvia suunnittelun tueksi. Kaivonkannet, sekä prosessikaivojen kannet aiheuttavat ongelman suunnittelulle, sillä mitään kantavaa rakennelmaa ei voida pystyttää kannen päälle, ja kannelle on taattava pääsy tarvittaessa. Tulevan varaston alueelle oli alustavan laskennan jälkeen sijoittumassa yhteensä 30 erilaista kaivonkantta. Senkin jälkeen kun prosessikaivojen olinpaikat saatiin hankittua CAD-kuvana, eivät niiden olinpaikat vastanneet tarkasti todellisuutta. Näin ollen niiden sijainnit täytyi mitata lasermitan avulla. Vastauksena kaivonkansien luomaan haasteeseen siirrettiin pientavarahyllystöä 0,60 m itään, jolloin kyseisen alueen kannet jäivät pystyikäytille. Lisäksi lavahyllyjen poikkipalkituksia muutettiin sijoittamalla varastoon kolmen lavan levyisten hyllyjen lisäksi kahden lavan levyisiä hyllyjä, jolloin saadaan liikkumavaraa lavahyllyjen pystypalkkien sijaintien suhteen. Kaikki ongelmalliset kaivonkansisijainnit saatiin ratkaistua ennen muuton alkua. Tehdyt muutokset on nähtävillä kuvassa 23.



Kuva 23, Suunnitteluvaiheen lopullinen CAD -layout

Pientavarahylllystön täyttö on ollut aikaisemmassa varastossa hidasta, sillä lavat on joko pitänyt ujuttaa kapeista suojausten väleistä, tai jättää ensimmäiseen kerrokseen josta osat viedään käsin yläkertaan. Lavojen ujuttamisessa on kolhintavaara pientavarahylllystön rakenteisiin, ja kyseisestä toiminnasta oli jo aikaisemmin luotu HSE –ilmoitus, jossa yläkerran kaide oli murtunut ja aiheuttanut putoamisriskin. Vaikka silloinen vahinko korjattiin välittömästi ja toimintaa kehitettiin, ei juurisyytä täysin poistettu. Ongelma tullaan ratkaisemaan uudessa varastoratkaisussa sijoittamalla pientavarahylllystön yläkertaan lavaportti, jonka lävitse voidaan turvallisesti nostaa kokonaisia lavoja yläkerran pientavaratäyttöä ja hyllytystä varten. Lavaporttia varten

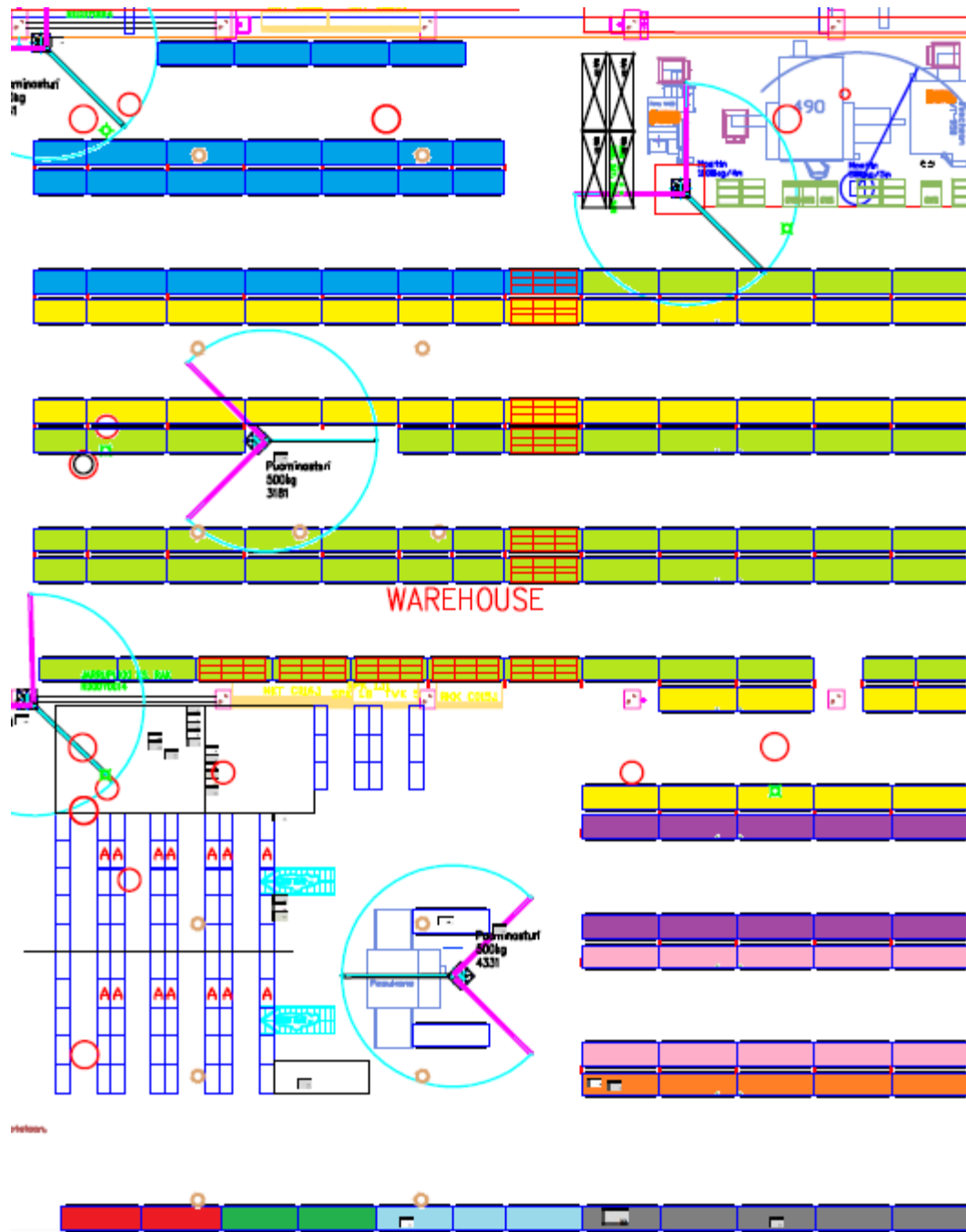
täytyy neljä hyllymetriä pientavarahyllystön yläkertaa purkaa, jolloin menetetään yhteensä 48 juoksumetriä. Tämä menetys kapasiteetissa kuitenkin saadaan takaisin huomattavina ajallisina säästöinä, sekä turvallisuuden parantumisena.

Pientavaran suhteen uudessa varastossa tulee olemaan 1536 juoksumetriä pientavarahyllyä ja 24 metriä yksikerroksista koukkuseinää. Vanhassa varastolayoutissa oli yhteensä 1716 juoksumetriä pientavarahyllyä ja 15 metriä yksikerroksista koukkuseinää. Näin ollen pientavaran kapasiteetti laskee ~11 % ja koukkuseinän määrä kasvaa 60 %. Pientavarakapasiteetin lasku ei ole toiminnalle merkityksellistä, sillä molemmissa varastoissa oli osa nimikkeistä samoja ja vanhakaan pientavarahyllystö ei ollut toiminnassa täydellä kapasiteetilla. Koukkuseinän kasvu on tärkeätä, jotta tiivisteet saadaan roikkumaan, sillä lavoilla suojaamattomat tiivisterenkaat voivat päästää liikkumaan ja naarmuuntua.

Lavahyllyjen jako oli FBA –varastossa pääsääntöisesti kahdeksan kahden lavakauluksen korkuista väliä, joskin ylimmälle tasolle voitiin laittaa myös isompia lavoja. FBB –varastossa lavapaikat olivat pääsääntöisesti yhdeksässä tasossa, jolloin neljä ensimmäistä tasoa olivat yhden lavakauluksen kokoisia, seuraava taso oli kolmen lavakauluksen korkuinen, ja loput neljä tasoa olivat tarkoitettu kahden lavakauluksen korkuisille lavoille. Poikkeuksellisen korkeiden lavojen nostaminen ylimmältä tasolta koettiin FBA –varastossa epämiellyttäväksi, sillä tilanne tuotti tapaturmariskin, mikäli materiaali lavan sisällä aiheuttaisi trukin huojuntaa. Esteitä uuden yhdistetyn varaston siirtymiselle FBB:n malliseen lavahyllyjakoon ei ollut, ainoastaan toimilaittehylyt jätetään kahden lavakauluksen jaolle. Lavapaikkoja layoutversiossa ennen muuttoa on laskennallisesti 3493 lavapaikkaa, mukaan lukien AGV –paikat ja puskuripaikat. Vanhojen varastojen lavapaikkojen ollessa yhteensä 2347 –lavapaikkaa, on uuden varaston kapasiteetti 149 % vanhaan layouttiin verrattuna. Suunnitteluvaiheen viimeisessä osallistavassa kokouksessa suunniteltiin tämän lavapaikkaresurssin segmentointi eri osa-alueisiin. Suunnitteluvaiheen viimeiseen layouttiin sopeutettu materiaali jako on esitetty taulukossa 4 ja nähtävissä kuvassa 24.

**Taulukko 4, Varaston materiaali jaon lavamäärät**

|                |      |                            |     |
|----------------|------|----------------------------|-----|
| Toimilaitteet  | 546  | Logistiikan yleiset paikat | 108 |
| Yhdistelmäosat | 843  | Kaupinta                   | 90  |
| Venttiiliosat  | 1245 | Asennoittimet              | 49  |
| Jamesbury      | 270  | Venttiilisuojat            | 36  |
| Stock          | 270  | Keskeneräiset keräykset    | 36  |



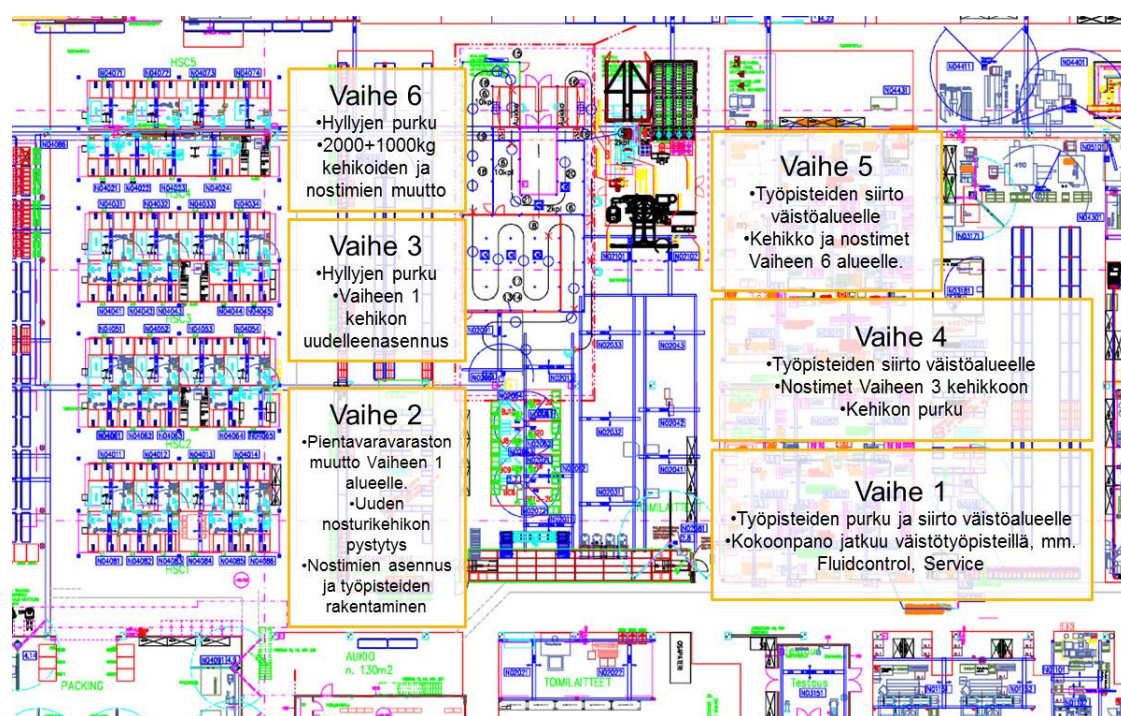
Kuva 24, Varaston materiaali- ja sijoittuminen

Jako seuraa kolmannen iteraatiokierroksen aikana syntynyttä materiaali- ja sijoittumista. Toimilaitteita varattu käytävä on otettu käyttöön yhdistelmäosien yhteisille osille. Toimilaitteiden varastoitava määrä on noussut neljän hyllyvälin verran, uhraten syviä paikkoja joita oli suunniteltu edellisen suunnitelman viimeiseen kaksoishyllyyn. Laippatehtaan eteen mahdutettu hylly siirtyi FBB:n hitaasti kiertäville nimikkeille. Suurta liikennettä tälle hyllylle pyritään välttämään, jotta laippatehtaan toiminta ei häiriintyisi varaston toiminnasta johtuen. AGV -hyllyjen yläpuoliset vapaat paikat on tässä versiossa jaettu eri osille, jotka ovat tyypillisesti keräyksen loppupäässä. Lisäksi

keskeneräisten keräysten puskurille varattiin lavapaikkoja, jotta keskeneräiset lavat olisivat mieluummin hyllyssä kuin lattialla.

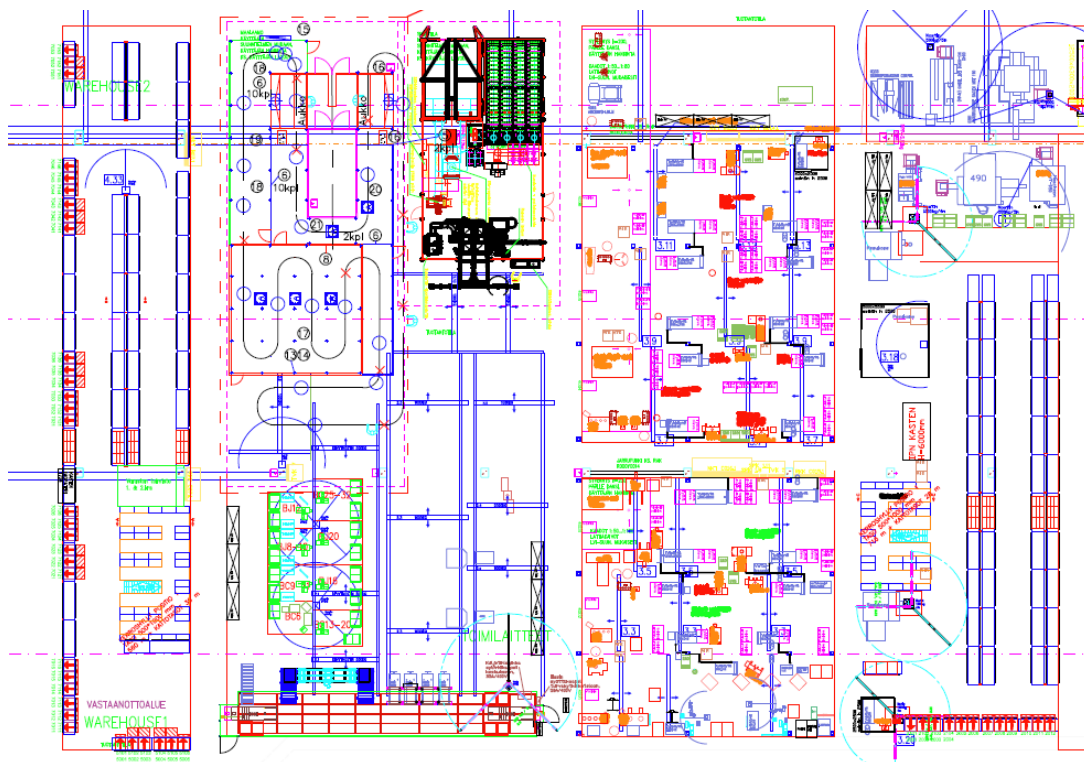
#### 4.2.8 Muutosurakan aikaiset muutokset

Uuden layoutin muutosurakka toteutetaan vaiheistettuna siten, että tuotanto muuttaa uudelle tuotannon alueelle väistöalueen kautta kokonaisuuksittain. Koko muutto on jaettu kuuteen vaiheeseen, joiden aikana tuotannon on tarkoitus toimia vähintään 50 % kapasiteetilla. Tuotannolle oli luotu väistöalue tehtaalle, logistiikan materiaalin väistöalueen ollessa Vindean varasto. Muuton vaiheistus on nähtävissä kuvassa 25.



Kuva 25, Muuttoprojektin vaiheistus

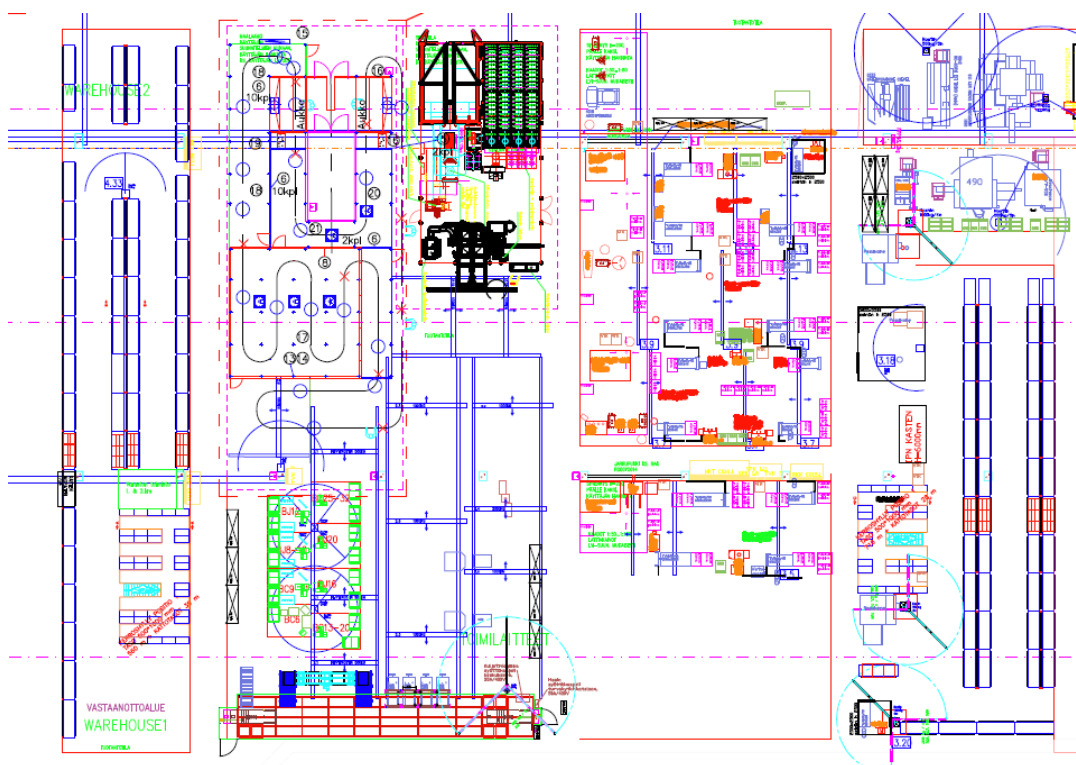
Kaikki ei-kriittinen materiaali pyrittiin siirtämään Vindean varastoon FBA- ja FBB-varastoista ennen muuton aloittamista. FBB-varastoon jääneet materiaalit tiivistettiin siten, että varastosta saatiin kokonaisia hyllyvälejä tyhjiksi. Materiaali joka ei kestä siirtoa Vindean varastoon, eli pääasiassa asennoitimet ja venttiilit, pyrittiin migroimaan FBA –varastosta näihin FBB –varaston hyllyihin, jotta nimikkeet olisivat keräiltävissä muuton aikana. Samoin logistiikan henkilöstön lomina oli pyritty keskittämään muuttoa edeltäville viikoille, jotta muuton aikana olisi käytettävissä täysi henkilöresurssi kompensoimaan muuton tuomia ylimääräisiä haasteita. Muuton alkutilanne on nähtävissä kuvassa 26.



**Kuva 26, Muuton alkutilanne vaiheen 1 alkaessa**

Vaihe 1 alkoi keskittyen ATO-venttiilikokoonpanon purkutöihin. Varastoalueen muutto alkoi 3.2.2014 valmistelevien töiden aloittamisella, jolloin FBA:n pientavarahyllystön sammutusputket ja sähkövedot purettiin ja tehtaan AGV –vaunuliikenne sammutettiin. AGV –liikenteen korvasi tällöin varastomiehet, keräilijät ja tavarantoimituksen työntekijät. Lisäksi purettiin FBA –varaston saapuvan materiaalin hylly varaston eteläpäästä, sekä pientavarahyllystä vasten oleva pitkien toimilaitteiden hylly. Vaiheen 1 jälkeinen tilanne on nähtävissä kuvassa 27.

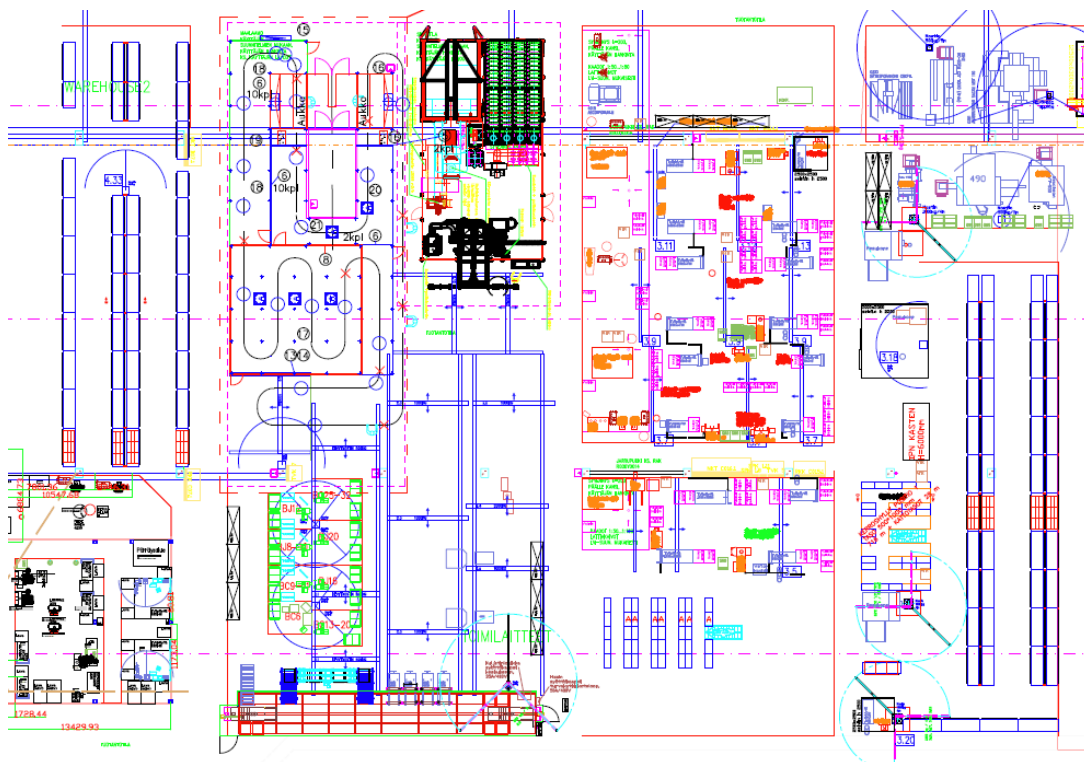




**Kuva 27, Muuttoprojektin tilanne vaiheen 1 jälkeen**

Vaihe 2 alkoi pientavarahyllystön purulla, joka pystytettiin Vaiheen 1 alueelle lopulliselle paikalleen viikonlopun aikana. Tästä lähtien asennoittimet ja yhdistelmien pientavara tuli kerättäväksi uuden varaston alueelta, kaikkien muiden yhdistelmäkeräysten vaatimien osien sijaitessa FBA –varastossa. Uudelleenkoottuun pientavarahyllystöön asennettiin toiseen kerrokseen uusi lavaportti helpottamaan pientavarahyllystön täyttöä. Lavaportti osoittautui kuitenkin turvallisuudeltaan puutteelliseksi ja aiheutti potentiaalisen putoamisriskin. Lavaportti päätettiin korvata kippiportilla. Suuremman kokonsa vuoksi tämän ratkaisun edeltä jouduttiin purkamaan ylimääräiset kaksi metriä pientavarahyllystöä yläkerrasta. Samanaikaisesti purettiin FBA-varaston toimisto, jonka kilpikoneet ja tulostin siirrettiin väliaikaisesti tyhjän Special TW tuotantopisteen yhteyteen. Samoin siirrettiin IMO-pateri pakkaamoon. ATO-venttiilikokoonpanon työpisteet siirtyivät uusille paikoilleen, joille jatkossa toimitetaan ATO –venttiilikeräykset. Vaiheen 2 jälkeinen tilanne on nähtävissä kuvassa 28.

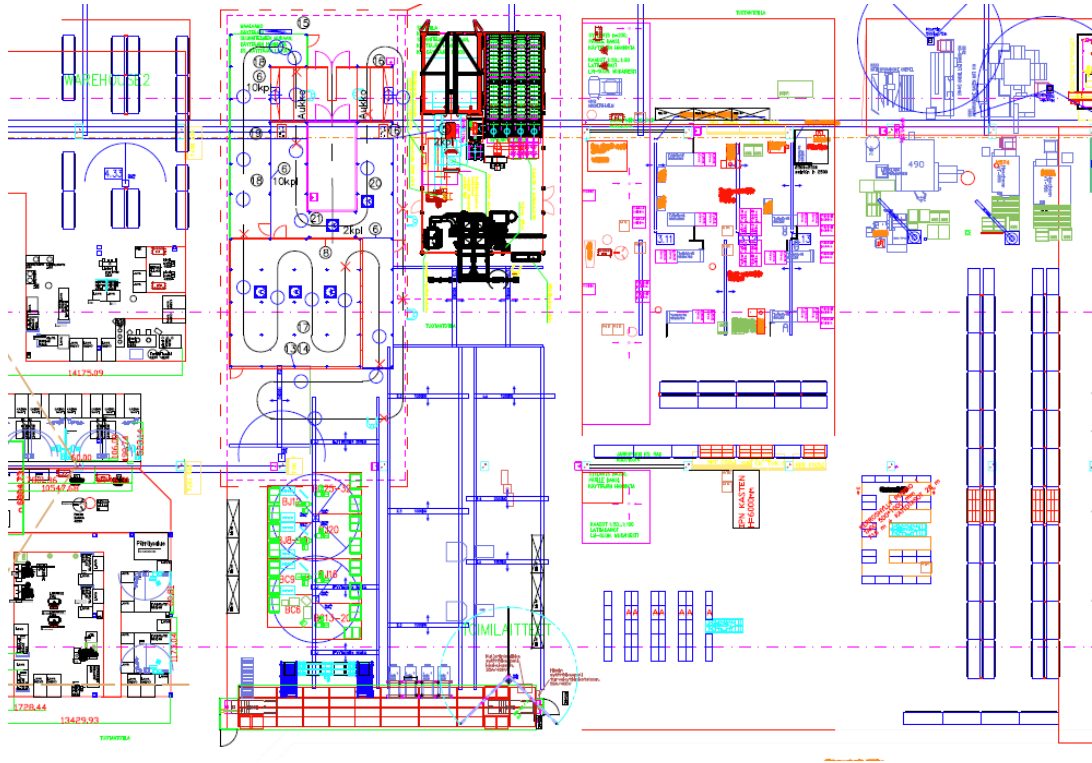




**Kuva 28, Muuttoprojektin tilanne vaiheen 2 jälkeen**

Vaihe 3 alkoi FBA –varaston lavahyllyjen purkamisella, jota ennen oli lavahyllyt tyhjennetty edeltävänä viikonloppuna Vindean varastoon ja FBB-varaston hyllyihin. Koska uuden varaston alueelta ei ollut vielä vapautunut alueita joille uudet hyllyrivit pystytettäisiin, oli Vaiheen 3 lavahyllyjen purun jälkeen FBA –varaston kapasiteetti ~350 lavapaikkaa. Jotta näin pienellä varastointikapasiteetilla kyettäisiin toteuttamaan keräilyä tuotannolle, keskityttiin vaiheen aikana tiukkaan koordinointiin Vindean varaston kanssa, jotta kaikki materiaali olisi aina oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Vaiheen 3 jälkeinen tilanne on nähtävissä kuvassa 29.

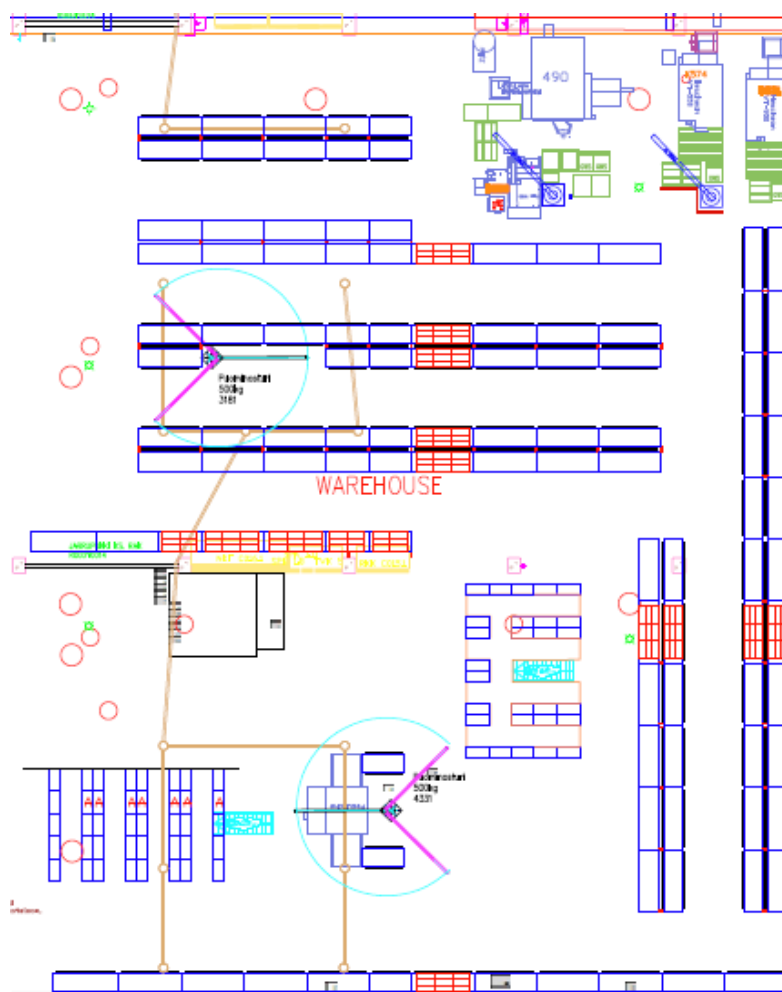




**Kuva 30, Muuttoprojektin tilanne vaiheen 4 jälkeen**

Vaihe 5 alkoi loppujenkin Special-streamin venttiilikokoonpanon työpisteiden purun aloittamisella. Varaston lavahyllyjä alettiin pystyttämään heti sähköjen, paineilman, vesiputkien ja nostureiden purkamisen jälkeen. Uuden varaston ensimmäinen kääntöpuominosturi asennettiin ja kytkettiin vaiheen aikana, kuin myös jatkettiin eteläpäässä sijaitseva FBB:n AGV-hylly lopulliseen pituuteensa. Samanaikaisesti tuotantosuunnitelmiin ja allokointeihin tukeutuen luotiin prioriteettalista, jonka mukaisesti FBA:n materiaalia ruvettiin kutsumaan takaisin Vindealta ja siirtämään vaiheen 6 alueelta pystytetyille uusille lavapaikoille. Ritiläalaiden valutyöt alkoivat myös vaiheen aikana. Tilanne vaiheen 5 jälkeen on nähtävissä kuvassa 31.



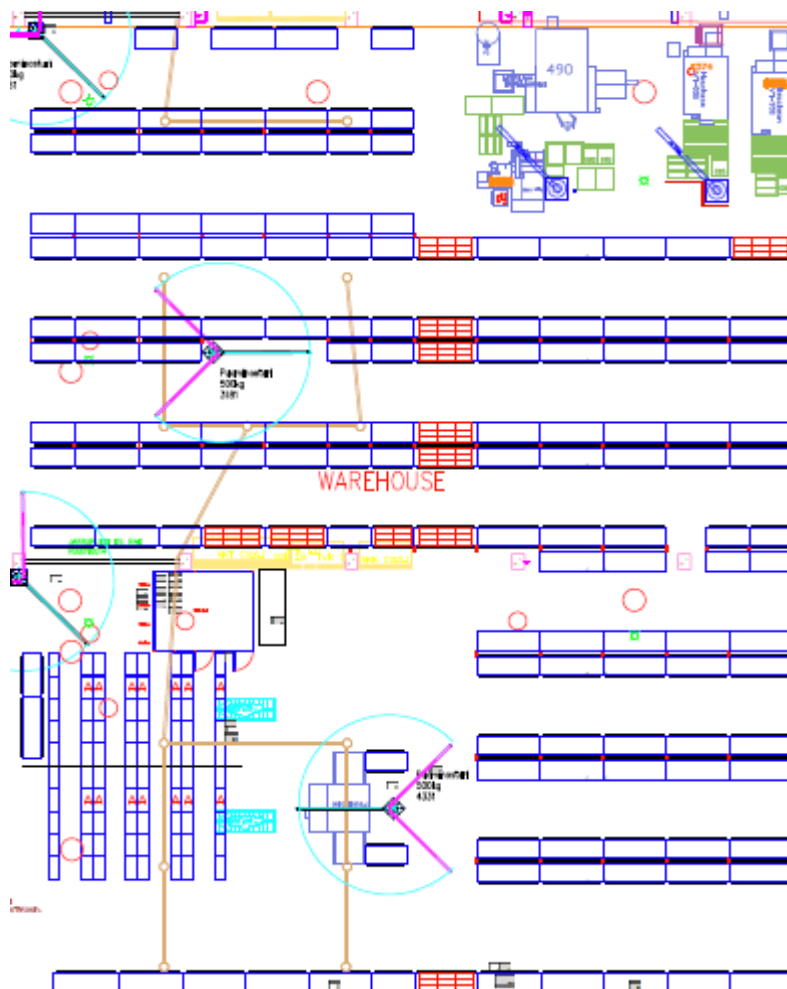


Kuva 32, Muuttoprojektin tilanne vaiheen 6 jälkeen

Betonin ollessa riittävän kuivaa, siirrettiin FBB:n pientavarahyllystö lopulliselle paikalleen ja lavahyllyt jatkettiin valuma-altaan päälle. Pientavarahyllystön muuton jälkeen käännettiin loputkin FBB:n vanhat hyllyvälit vaakasuoraan, ja kaikki törmäyssuojat asennettiin keskitetysti kaikkiin hyllypäätyihin. Pohjoisen sähkökaapin taakse pystytettävästä hyllystä päätettiin tehdä kykenevä pitkien toimilaitteiden varastointiin, jolloin sähkökaapin yläpuolella sijaitsevilla kerroksissa 5-8 ei ole takaverkkoa. Tämän sijasta sähkökaapit suojataan paksulla vaakatasoon asennettavalla teräsritilällä putoavien toimilaitteiden varalta. Pitkiä lavapaikkoja hankittiin yhä lisää hyödyntämällä prosessikaivojen vuoksi syntynyt lisätila pientavarahyllystön länsipuolella. Laippatehtaan viimeinen hyllyväli tuli liian lähelle työkoneita, jotta laippatehtaan trukilla mahtuisi kääntymään hyllyn edessä, näin ollen viimeisestä hyllyvälistä poistettiin ensimmäiset neljä tasoa ja viidenteen tasoon asennettiin alikulkuverkko. Tähän mennessä muuttoprojekti oli kestänyt ainoastaan yhden kuukauden.

Varaston viimeinen komponentti, uusi toimisto, saatiin vihdoin asennettua kolme kuukautta myöhemmin, johtuen toimiston osista vastaavan yrityksen toimitusvaikeuksista. Varaston kilpikoneet, tulostimet ja tietokoneet saatiin tällöin

lopulta muutettua lopullisille paikoilleen ja väliaikaisjärjestelyt voitiin lopettaa. Pesukoneen edusta saatiin tällöin tyhjäksi ja pesuprosessi siirtyi tuotannolta logistiikan toteutettavaksi keräilyn yhteydessä. Pesukoneen käyttöönoton jälkeen varaston layoutmuutos oli valmis. Lopullinen kuva varastosta on nähtävissä kuvassa 33.

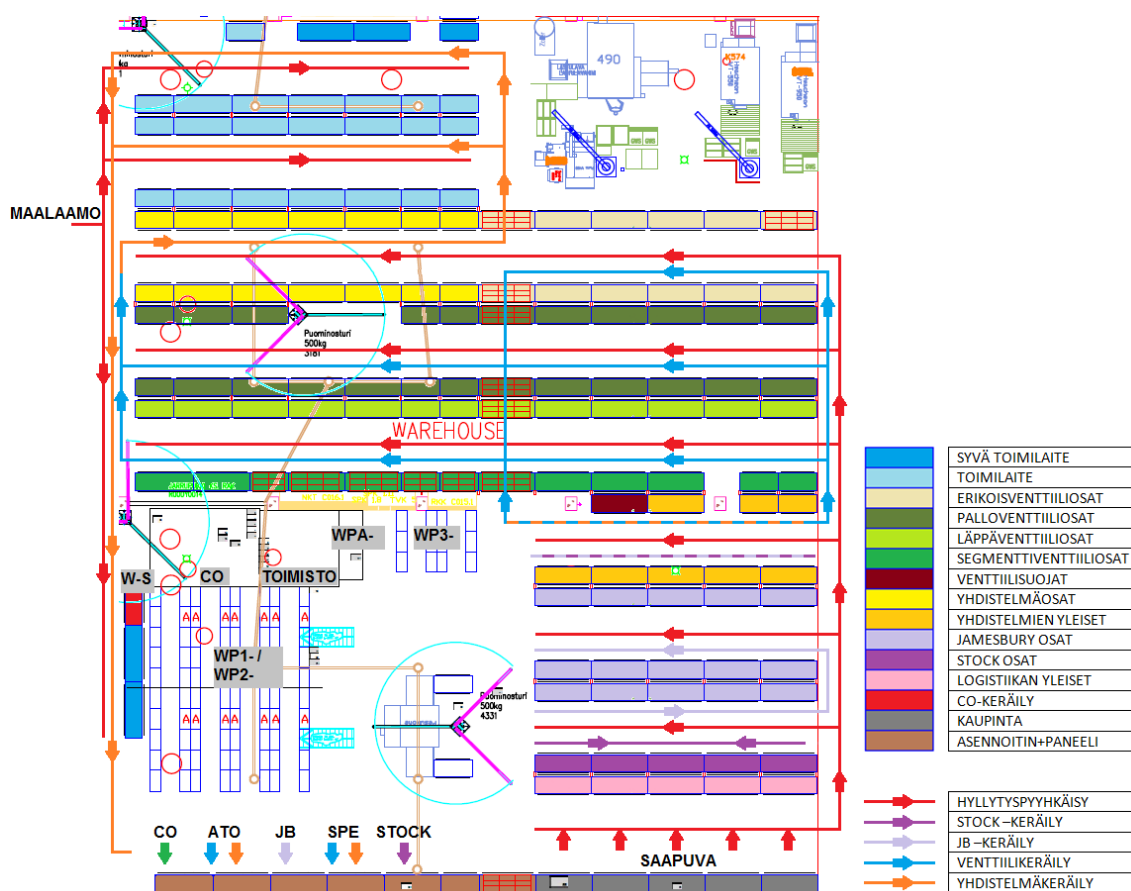


**Kuva 33, Muuttoprojektin tilanne muuttovaiheen päätyttyä**

Uuden varaston lopullinen lavapaikkamäärä oli 3453, joista 128 syviä lavapaikkoja lavakaulukset ylittävälle nimikkeille. Vanhassa varastossa oli lavapaikkoja 2347, joista 52 olivat syviä paikkoja. Näin ollen lopullisessa varastolayoutissa on kokonaismääräisesti lavapaikkoja 147 % ja syviä paikkoja 246 % alkuperäisestä lavamäärästä. Pientavaran osalta uudessa varastoratkaisussa on koukkuseinää 23 m ja optio 18 m lisäykselle joka otetaan käyttöön vasta tarvittaessa. Vanhassa varastossa oli koukkuseinää 22 m, jolloin käytettävissä olevaa koukkuseinätilaa on 186 % vanhan varaston kapasiteetista. Pientavarahyllyn määrä uudessa varastossa on 1512 juoksumetriä kun vanhassa varastossa juoksumetrejä oli 1716. Pientavarahyllystön koko on siis uudessa ainoastaan 88 % vanhan varaston kapasiteetista. Paterin edustalle suunniteltua lisäpientavarahyllystä ei toteutettu muuton yhteydessä, jonka sijaan suunniteltua paikkaa pidetään nopeasti toteutettavissa olevana optiona tilanpuutteen ja jatkokehityksen varalta.

### 4.3 Sisäiset materiaaliavirrat

Yhteistyössä tehtaan sisälogistiikan varastomiesten ja keräilijöiden kanssa tarkennettiin varaston suunnitteluvaiheen aikana luotu segmentointikartta osoittamaan materiaali- ja eri komponenttikokonaisuuksien kesken. Samoin suunniteltiin loppuun varaston kiertosuunnat, hyllytysreitit ja keräyspyyhkäisy- ja trukkiliiikenteen osalta. Materiaalijako ja keräyspyyhkäisy- ja trukkiliikey ovat nähtävissä kuvassa 34.



Kuva 34, Uuden varaston kulkusuunnitelma

#### Stock

Keräilijä hakee toimistosta keräyskortin, jonka jälkeen hän kerää valmiin toimilaitteen ja valmiin venttiilin Stock-käytävältä. Vakioasennoitimet on myös hyllytetty Stock-käytävälle. Osaan keräyksistä kerätään yhdistelmien yhteiseltä käytävältä asennusosia. Lisäksi kerätään pientavarahyllystä kiinnityksetit, jonka jälkeen keräyslava jätetään Stock AGV -paikalle, josta AGV vie keräyksen vapaalle Stock -streamin kokoonpanopisteelle. Stock keräilyssä on keskitytty nopeaan vasteaikaan kortin tulostumisesta valmiin keräyksen valmistumiseen, jolloin lähes kaikki keräiltävä materiaali sijaitsee samalla käytävällä. Lähes kaikki vakionimikkeet on keräiltävissä vetotasoilta, jonka lisäksi jokaista nimikettä säilytetään 2-X lavan verran vetotasojen yläpuolisilla paikoilla, jotta Stock-keräily ei pysähdy missään vaiheessa osapuutteiden vuoksi.

## **JB**

Keräilijä hakee toimistosta keräyskortin, jonka jälkeen hän kerää JB- ja Stock-käytävältä valmiin toimilaitteen ja valmiin venttiilin. Osaan keräyksistä kerätään yhdistelmien yhteiseltä käytävältä asennusosia. Tarvittu asennoitin kerätään asennoittimesta riippuen joko asennoittimien hyllystä tai Stock-käytävältä asennoittimen ollessa vakioasennoitin. Lisäksi kerätään pientavarahyllystä kiinnityssetit. Tämän jälkeen valmis keräys jätetään JB-AGV –paikalle, josta AGV vie keräyksen vapaalle JB –streamin kokoonpanopisteelle. JB –keräilyssä on keskitytty keskinopeaan vasteaikaan kortin tulostumisesta valmiin keräyksen valmistumiseen, jolloin lähes kaikki keräiltävä materiaali sijaitsee lähekkäisillä käytävillä. Lähes kaikki vakionimikkeet on keräiltävissä vetotasoilta ja nimikkeiden keräilyä Vindealta pyritään välttämään. Näin ollen suuri osa Jamesburyn nimikkeistä säilytetään tehtaan varastossa.

## **ATO-keräys**

ATO –keräily on jaettu kahteen eri kuormitusryhmään; ATO Iso ja ATO Pieni, jotka puolestaan on vielä jaettu maalaamattomiin ja maalattuihin yhdistelmiin. ATO:n hienokuormitus on varaston vastuulla, joten ATO iso/pieni ja maalaamaton/maalattu tuotemixin keräily on sopeutettava siten, ettei ATO:n linjasto pysähdy missään vaiheessa. Kaikki ATO:n työpisteet eivät kykene kokoamaan kaikkia yhdistelmiä ja yhdistelmäkokoonpanolla tulee olla maalaamattomia tuotteita koottavana maalausta tarvitsevien osien ollessa maalattavina.

Keräilijä hakee toimistosta keräyskortin ja hakee venttiilisuojan ja yhteiset liitososat yhdistelmien yleisten käytävältä. Tämän jälkeen keräilijä hakee venttiiliosat oikealta käytävältä, riippuen valmistettavan venttiilin tyypistä. Kerättyään käytävältä kaikki tarvitsemansa osat, kerää keräilijä loput yhdistelmäosat yhdistelmäosien käytävältä. Lopuksi keräilijä hakee yhdistelmään tulevan toimilaitteen toimilaitehyllystä ja asennoittimen asennoittinhyllystä, jonka jälkeen keräilijä palaa pientavara-alueelle. Keräilijä kerää pientavarahyllystä ja paterista keräyksen vaatimat pienosat, jonka jälkeen keräilijä pesee pesun vaatimat osat varaston pesukoneessa. Pesun jälkeen valmis keräys jätetään ATO-AGV –paikalle, josta AGV vie keräyksen vapaalle ATO –streamin tuotannon puskuripisteelle. ATO-keräilyssä pyritään keskipitkään vasteaikaan, jossa keräily on JB- ja Stock- streameja monimutkaisempi, mutta kaikki keräyksen vaatimat osat pyritään pitämään tehtaan omassa varastossa.

## **Special-keräys**

Special on ainoa stream, joka säilyttää vanhanmallisen kahtiajakonsa; näin ollen Specialin kuormitusryhmiä ovat Isot Special venttiiliosat, Pienet Special venttiiliosat, Isot Special yhdistelmäosat, sekä Pienet Special yhdistelmäosat. Näiden lisäksi on olemassa vielä 3rd Party Valve –kuormitusryhmä, jossa kootaan vieraasta tehtaan tuotteistoon kuulumattomasta venttiilistä kokonainen venttiiliyhdistelmä käyttäen tehtaan omia yhdistelmäosia.



Tulostettuaan keräyskortin tilaa varaston hienokuormittaja keräyksen vaatimat varastosta puuttuvat osat Vindean varastolta, joiden saapumisen jälkeen keräilijä hakee toimistosta keräyskortin. Keräilijä hakee venttiilisuojan yhdistelmien yleisten käytävältä, jonka jälkeen keräilijä hakee venttiiliosat oikealta käytävältä, riippuen valmistettavan venttiilin tyypistä. Kerättyään käytävältä kaikki tarvitsemansa osat, palaa keräilijä pientavara-alueelle. Keräilijä kerää pientavarahyllystöstä ja paterista keräyksen vaatimat pienosat, jonka jälkeen keräilijä pesee pesun vaatimat osat varaston pesukoneessa. Pesun jälkeen valmis keräys jätetään SPEVAL AGV-paikalle, josta AGV vie keräyksen vapaalle Special –streamin venttiilikokoonpanon puskuripaikalle.

Valmis venttiili jää Special –streamin omaan venttiilihyllyyn odottamaan tuotantosuunnitelman mukaista yhdistelmäkokoonpanon toteutuspäivää. Tuotantosuunnitelman mukaisesti tulostetaan varaston toimistossa keräyksen yhdistelmäosien keräyskortti, jonka jälkeen varaston hienokuormittaja tilaa keräyksen vaatimat osat Vindealta. Osien saapumisen jälkeen keräilijä kerää yhteisten yhdistelmäosien käytävältä liitososat, loput yhdistelmäosat yhdistelmäosien käytävältä, toimilaitteen toimilaittehyllystä ja asennoittimen asennoitinhyllystä. Keräilijä kerää loput yhdistelmään kuuluvat pienosat paterista ja pientavarahyllystöstä ja jättää pienen venttiiliyhdistelmän tilanteessa keräyksen SPETW-AGV paikalle, josta AGV –vaunu vie keräyksen vapaalle Special yhdistelmäkokoonpanon pisteelle, johon Special tuotannon osastojärjestelijä toimittaa valmiin venttiilin. Isoissa yhdistelmissä keräilijä ajaa manuaalitrukilla keräyksen työpisteelle, sillä lavakaulukset ylittäviä toimilaitteita ei voi kuljettaa AGV –vaunulla. Poikkeukselliset kolmannen tahon venttiileille tehtävät yhdistelmäkeräykset tapahtuvat kuin tavallisessakin Special-yhdistelmän keräyksessä, mutta valmis venttiili kerätään yhdistelmien yhteisten osien käytävältä.

Special –keräilyssä on usein osia, joiden vuosikulutus on vain muutamia kappaleita, tai osia on ikinä käytetty ainoastaan kyseiselle keräykselle. Tämän vuoksi erikoisempia lavoilla olevia osia säilytetään Vindean varastossa ja pienosia osapaterissa. Koska keräys vaatii usein ainakin yhden osan tilaamista Vindean varastosta, hidastaa se automaattisesti keräilynopeuden kaikista hitaimmaksi kaikista streamien keräyksistä. Tilattaessa Vindealta osia suoraan keräykselle, on Vindean vasteaika keskimäärin 2-3 tuntia.

### **Special/Heavy-keräys**

Heavy-keräily ei pääsääntöisesti tapahdu yhdistetyn varaston tiloissa, vaan Heavyn komponentit ovat pääasiallisesti Heavyn omissa hyllyissä. Heavyn ja muun tuotannon tuotteilla on kuitenkin monia yhteisiä osia, joita on Special –tyyppisessä kokoonpanossa valtava valikoima. Koska ei ole haluttavaa säilyttää suurta valikoimaa numeerisesti vähäisiä määriä osia, joiden kulutus ei ole tasaista tai ennakoitavissa, säilytetään osavalikoimaa ainoastaan yhdistetyssä varastossa. Heavyn oma keräilijä kerää tarvittaessa tämän tyyppiset osat yhdistetystä varastosta oman keräyskorttinsa

mukaisesti. Kuten tavallisessakin Special –tuotannossa, venttiilivalmistus ja yhdistelmävalmistus on eriytetty omiksi vaiheikseen.

### **CO/DO-keräys**

Suoraan pakkaamoon meneviä varastotoimituksia toteuttava CO –keräilijä kerää oman työjononsa mukaisesti CO-tilauksen vaatimat osat ja suojaa ne varaston CO-alueella. Valmis CO-keräys jätetään CO-AGV –paikalle, josta AGV –vaunu vie valmiin keräyksen pakkaamoon. Keräys voidaan myös viedä pakkaamoon käsin kiiretapauksissa. DO –keräysten keräämisen pitäisi vähentyä merkittävästi FBA ja FBB varastojen yhdistyessä. Ennen yhdistymistä varastomies kerää ja toimittaa DO-keräykset toisiin tehtaan varastoihin, yhdistymisen jälkeen tämä toiminta loppuu. Tehtaan ulkopuolelle suunnatut DO-siirrot, pääasiassa Shanghaiin tehtaallesi, tapahtuu CO –keräilyn toimesta samoin kuin CO –keräysten tapauksessa.

### **Maalaamon hyllytys**

Maalaamo on varannut omalle alueelleen noin 6 toimilaitteen kokoisen puskurialueen, josta yhdistetyn varaston varastomies hakee valmiin toimilaitteen. Toimilaite hyllytetään tämän jälkeen varaston varastopaikalle toimilaittehyllyihin. Poikkeustapauksissa maalaamo voi maalata muitakin osia, kuten palkkeja, jotka haetaan ja hyllytetään nimikettä vastaavalle paikalle varastossa.

### **Saapuvan tavaran hyllytys**

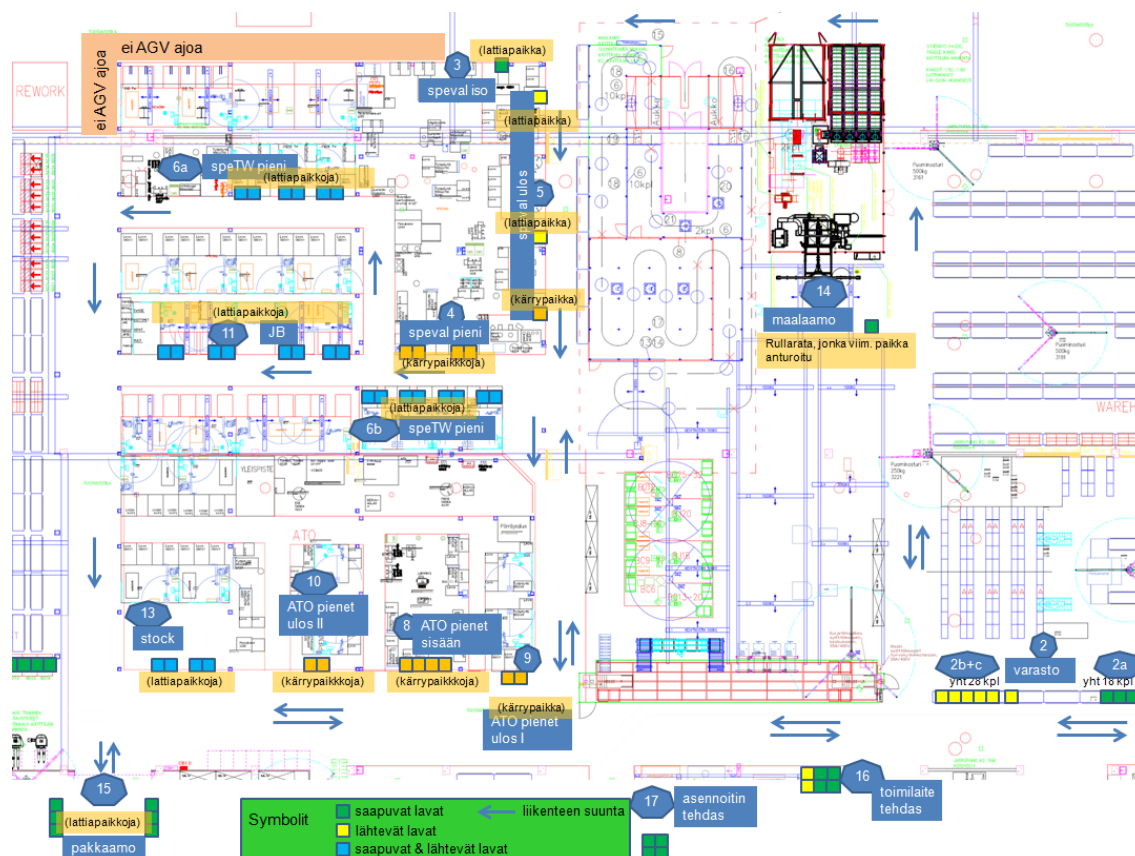
Saapuva materiaali haetaan saapuvan materiaalin hyllystä. Vindealta suoraan työlle tilatut nimikkeet siirretään saapuvien hyllyä vastapäätä olevaan logistiikan yleiseen hyllyyn, tai jätetään lattiapaikalle lavan nimikkeen ollessa liian iso tavalliselle lavapaikalle. Muu lavatavara ajetaan itäisen pystykäytävän kautta oikealle poikkikäytävälle ja hyllytetään varastopaikalle varaston materiaali-jakosuunnitelman mukaisesti. Pientavaran osalta 2. kerrokseen siirrettävät osat sisältävä lava nostetaan kippiportin kautta yläkertaan, josta osat jaetaan pienatavarapaikoille. Ensimmäiseen kerrokseen saapuvien osien lava jätetään eteläisten portaiden viereen ja pateriin tulevat pientavaralavat paterin eteen. Molemmat lavojen jättöpaikat on merkitty lattiamerkinnällä.

### **RFID –hyllytys**

Metso käyttää alihankkijan palvelua, jossa pientavarahyllyssä olevien RFID-tagitettujen pientavaralaatikoiden täytön toteuttaa alihankkijan työntekijä. Tyhjä pientavaralaatikko jätetään keräilijän toimesta RFID –lukijaan, jolloin osto-kehoitus generoituu automaattisesti. Alihankkijan työntekijä saapuu väliajoin täyttämään lukijassa olevat laatikot ja siirtää ne takaisin pientavarahyllystön RFID –paikalle.

## 4.4 Ulkoiset materiaaliavirrat

Varastomiesten, keräilijöiden ja osastojärjestelijöiden liikkumista pääkäytävillä on pyritty minimoimaan kasvattamalla AGV –vaunujen osuutta siirroista. Ennen layoutmuutosta Metson neljä vuokrattua AGV –vaunua olivat vajaakäytöllä, ja laskennallisesti kykenevät täyttämään uuden layoutin kasvaneen kuljetustarpeen. AGV –vaunujen tukena kiireellisiä kuljetuksia voidaan yhä toteuttaa manuaalitruckeilla. AGV-suunnitelma tuotantoon on nähtävissä kuvassa 35.



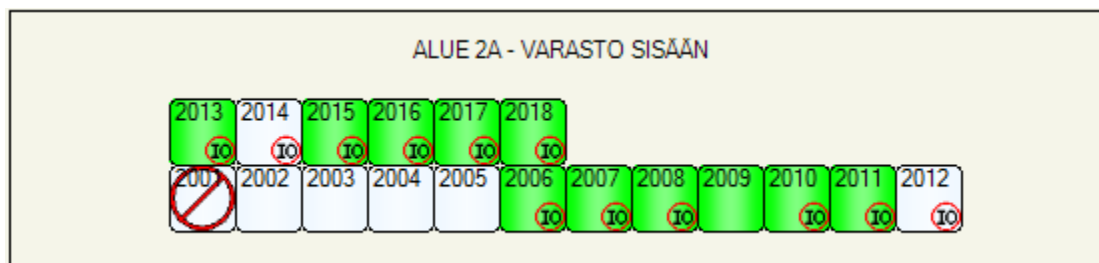
Kuva 35, Tuotannon AGV-suunnitelma

Saapuvien ja lähtevien materiaaliavirtojen määrää on saatu alennettua varastojen yhdistämisen jälkeen, ja materiaalin saapuminen varastoon on harmonisoitu. Näin ollen liki kaikki varastoon saapuva materiaali saapuu varaston saapuvan materiaalin alueelle, sen sijaan että materiaalia haetaan eri puolilta tehdasta ja materiaalia saapuu eri puolille varastoa. Kaikki eri osastojen väliset materiaaliavirrat on havainnollistettu kuvassa 36.



Kuva 36, Uuden varaston materiaaliavirrat

Kuvan 36 oranssit nuolet ovat varastoon saapuvia materiaaliavirtoja. Varastoon saapuva materiaali kulkee pääsääntöisesti varaston saapuvan tavarin hyllyn kautta, jossa on yhteensä 18 kpl anturoitua hyllytyspuskuripaikkaa, joihin AGV tuo aina uuden lavan kun paikalta otetaan lava pois. Anturoitujen paikkojen lisäksi hyllyssä on 6 kpl anturoimattomia paikkoja jotka on tarkoitettu manuaalitruckilla tuotaville lavoille. Kuvakaappaus saapuvan tavarin automaattitruckien metro-käyttöliittymästä on esitetty kuvassa 37.



Kuva 37, Saapuvien alueen Metro-näkymä

Tavarin vastaanotosta siirtyy AGV-vaunujen toimesta varaston saapuvien hyllyyn suoraan toimittajilta saapuvia komponentteja, Vindealta kotiinkutsuttuja täyttölavoja ja Vindealta suoraan MO:lle tilattuja osia. Tarvittaessa tavarin vastaanoton työntekijät

voivat siirtää varastoon saapuvaa materiaalia myös manuaalitruckeilla. Vastaanottotarkastuksen kautta kulkee vielä alihankinnasta ja Metson muilta tehtailta saapuvat komponentit, jotka vaativat vastaanottotarkastuksen. Myös vastaanottotarkastuksen lavat saapuvat pääsääntöisesti AGV-vaunuilla.

Suljinkoneistus, tiivistekoneistus ja asennoitintehdas toimittavat valmistamansa komponentit osastojärjestelijöidensä toimesta varaston saapuvien hyllyyn. Laippatehtaan valmistamat komponentit saapuvat puolestaan laippatehdasta vasten olevaan varaston hyllyyn laippatehtaan osastojärjestelijän toimesta. Maalaamolla on omat 6 kpl puskuripaikkoja, joista yhdistetyn varaston varastomies siirtää maalatut toimilaitteet ja muut mahdolliset maalaukset varastoon.

Varastosta lähteviä pääasiallisia materiaalivirtoja on uudessa layoutissa ainoastaan kolme. Nämä materiaalivirrat on esitetty kuvassa 36 vihreällä värillä. Tuotantoon lähtevä virta on ylivoimaisesti suurin tavaran vastaanottoon kulkevan virran ollessa pienin. Eri streamien vaatimat puskurit keräilyn suhteen on määritelty erikseen tuotannon edustajien kanssa pidetyssä AGV-palaverissa. Kullekin streamille on laskettu tarvittava puskuripaikkojen määrä suhteutettuna keräykseen kuluvaan aikaan ja tuotantoon kuluvaan aikaan. Varastosta lähtevien puskuripaikkojen Metro-näkymä on nähtävissä kuvassa 38.



Kuva 38, Lähtevien alueen Metro-näkymä

**JB** ja **Stock** eivät pidä omia puskureitaan, joten kaikki keräykset siirretään suoraan työpisteille. Tämän vuoksi aina kun varaston oma puskuri on tyhjänä, on riski ettei asentajalla ole työtä, jolloin syntyy hukkaa. Sekä Stockille että JB:lle on varaston puskuritarve laskettu neljäksi kappaleeksi, jotka pyritään pitämään täynnä nopeilla keräysvasteajoilla. Siirron suorittaa AGV-vaunu, mutta erikoisemmissa JB –keräyksissä keräilijä joutuu siirtämään keräyksen manuaalitruckilla työpisteelle.

**ATO pienet** –virran materiaali siirtyy AGV-vaunun siirtämänä yhtenä lavana, jossa on kaikki venttiiliyhdistelmän osat. Pieniä puskuripaikkoja on varastossa 4 kpl ja kokoonpanossa 4 kpl. Tällöin puskurin laskennallinen aika on 2,4 h + 2,4 h, eli täysin täytetty puskuri kuluu kokonaan tyhjäksi 4 h 50 min jälkeen, jos uusia töitä ei kerättäisi lainkaan.

**ATO isot** –virran materiaali siirtyy AGV-vaunulla tai tarvittaessa keräilijän toimesta manuaalitrukilla 1-2 lavalla, joilla on kaikki venttiiliyhdistelmän osat. Isoja puskuripaikkoja on varastossa 2 kpl ja kokoonpanossa 4 kpl. Tällöin puskurin laskennallinen aika on 2 h + 4 h, eli täysin täytetty puskuri loppuu kokonaan 6 h jälkeen.

**Special isot venttiilit** –virran materiaali liikkuu 1-2 lavalla täysin manuaalitrukeilla keräilijän toimesta, mutta keräyksille on luotu yksi AGV-paikka, joka on otettavissa käyttöön ja laajennettavissa useamman AGV-paikan puskuriksi. Puskurin koko on 4 kpl varastossa ja 8 kpl kokoonpanossa. Tällöin puskurin laskennallinen aika on 1,5 h + 3 h, eli täysin täytetty puskuri loppuu kokonaan 4 h 30 min jälkeen.

**Special pienet venttiilit** –virran materiaali liikkuu 1-2 lavalla AGV-vaunun siirtämänä. Puskurin koko on 4 kpl varastossa ja 4 kpl kokoonpanossa. Tällöin puskurin laskennallinen aika on 2,4 h + 2,4 h, eli täysin täytetty puskuri loppuu kokonaan 4 h 50 min jälkeen.

**Special isot yhdistelmäosat** –virran materiaali liikkuu 1-2 lavalla täysin manuaalitrukeilla keräilijän toimesta. Special iso TW ei pidä omaa puskuria, joten kaikki keräykset siirretään suoraan työpisteille. Tämän vuoksi aina kun varaston oma puskuri on tyhjänä, on riski ettei asentajalla ole työtä, jolloin syntyy hukkaa.

**Special pienet yhdistelmäosat** –virran materiaali liikkuu yhtenä lavana AGV –vaunun siirtämänä. Special pieni TW ei pidä omaa puskuria, joten kaikki keräykset siirretään suoraan työpisteille. Tämän vuoksi aina kun varaston oma puskuri on tyhjänä, on riski ettei asentajalla ole työtä, jolloin syntyy hukkaa. Varaston puskuritarve on laskettu neljäksi kappaleeksi, jotka pyritään pitämään täynnä nopeilla keräysvasteajoilla. Special TW osat ovat tavallisesti standardimaisia, vaikka venttiili itse on erikoisvalmisteinen.

**CO ja DO** siirrot kuljetetaan pakkaamoon joko hyödyntäen CO-keräilyn kahta AGV-paikkaa, manuaalitrukeilla tai jalan. Osat voivat olla tilauskohtaisesti liki mitä tahansa varaston nimikkeitä, ja määrät voivat vaihdella tapauskohtaisesti. Keräyksiä lähetetään varastosta pakkaamoon työjonon mukaisesti.

**Tavaran vastaanottoon** liikkuva virta kattaa varastosta Vindealle lähetettävät nimikkeet, sekä alihankkijan korjattavaksi lähetettävät nimikkeet. Varastomies ajaa manuaalitrukilla lähetettävän lavan tavaran vastaanottoon ja liittää nimikkeen yhteyteen selitepaperin, joka kertoo mihin lava on menossa.

## 4.5 Toiminnalliset muutokset

Monet tunnistetuista ongelmista liittyivät pikemminkin toimintatapoihin, kuin fyysisiin rajoitteisiin. Suuri muutosprosessi layoutprojektin muodossa mahdollistaa kuitenkin myös syvän toimintatapojen muokkauksen, sillä muutosvastarinta on vähäisempi toimintatapamuutosten toteutuessa osana isompaa muutosta. Syvälle pinttyneitä toimintatapoja oli hankala muokata vanhassa mallissa, jossa varastossa liikkuvien asiallisten ja asiattomien henkilöiden johtaminen oli hajautunut monelle eri taholle. Koko toimintaympäristön muuttuessa on luontevampaa muuttaa myös perustellusti toimintatapoja vastaamaan tulevia haasteita. Lisäksi jouduttiin lisäämään logistiikkaorganisaation alaisuuteen liittyviin tehtäviin myös pesuprosessin suunnitteleminen kerättäville osille, sillä tämä vaihe oli aikaisemmin kuulunut tuotannolle.

### 4.5.1 Varaston sulkeminen ulkopuolisilta

Aikaisemmassa toimintatavassa kaikki sidosryhmät olivat omaksuneet tavan käydä varastossa hakemassa tarvitsemiaan nimikkeitä tai tarkastamassa haluamiaan asioita. Ulkopuolinen liikenne aiheuttaa ylimääräistä jalankulkua varastossa, jossa trukkiliikenne on korkea, aiheuttaen tarpeettomia vaaratilanteita. Asentajat hakevat osia hajonneiden tilalle ja laboratorio voi hakea osia kokeita varten. Koska ulkopuoliset henkilöt eivät usein tunne varastomiehiä, voivat he ilmoittaessaankin hakeneensa jonkin nimikkeen kertoa sen toiselle ulkopuoliselle henkilölle, eikä varastosaldoja saada korjattua. Asia on otettu esille useaan otteeseen varastohenkilöstön toimesta, sekä osallistavissa kokouksissa, että niiden ulkopuolella.

Uudessa varastossa otetaan käyttöön nollatoleranssi ulkopuolisten liikkumiselle varaston alueella, oli kyseinen henkilö toimihenkilö tai työntekijä. Kaikki osien haut ja tuonnit tullaan toteuttamaan varastohenkilöstön kautta; väärät tai hajonneet osat tulee vaihtaa osastojärjestelijän kautta ja tuotteiden auditoinneissa ja tarkastuksissa varaston esimiehille tulee ilmoittaa. Ulkopuolisilla tahoilla ei ole oikeutta käskää varaston henkilöstöä siirtämään tai nostamaan lavoja ilman logistiikan työnjohdon lupaa. Harmaalla alueella sijaitsevat sidosryhmät, kuten ostajat ja tuotannon osastojärjestelijät, ilmoittavat myös varaston henkilöstölle asioistaan. Nämä tahot tuntevat varaston henkilöstöä jo, jolloin rajoite ei luo suuria hidasteita. Varaston sulkemisella menetetään palvelukykyä ja joustavuutta prosessissa, mutta saadaan vastapainoisesti nostettua työturvallisuutta ja varaston hallittavuutta huomattavasti.

### 4.5.2 Keräilyn ja logistiikan yhdistäminen

Yhdistetyssä varastossa olisi vanhan organisaatiojoon mukaisesti toiminut työntekijöitä 9 eri työnjohtajan alaisuudessa. Tiedotuksellisista ja hallinnallisista syistä esitettiin keräilijöiden, CO –henkilöstön, sekä varastomiesten yhdistämistä saman työnjohto-

organisaation alle. Näin ollen tiedottaminen, valvominen ja palautteen antaminen tehostuvat huomattavasti uuden organisaatiomallin alla. Tämän lisäksi logistiikkaorganisaation ulkopuolisten alueella asiattomasti liikkuvien henkilöiden huomaaminen ja heidän toimintaansa puuttuminen helpottuu merkittävästi.

Henkilöresurssien yhdistämiseen liittyy pidemmällä ajanjaksolla myös vahvasti moniosaamisen kasvattaminen. Ensin keräilijät perehdytetään paremmin toimimaan FBA ja FBB rajojen ylitse, jotta kaikki keräilijät osaisivat kerätä sekä venttiiliosia, että yhdistelmäosia. Tämän jälkeen syvennetään työtehtävien kiertoa eri streamien välillä, jotta Special, ATO, JB ja Stock –keräilijät voivat paremmin auttaa toisiaan riippuen eri streamien työkuormasta. Tavoitteena olisi aikaansaada keräilijäpooli, jonka kaikki jäsenet osaavat suorittaa kaikkien streamien keräyksiä, jotta resursointi helpottuisi, ja kaikkien streamien töiden riittävyys tuotannossa olisi kaikkien keräilijöiden vastuulla ja hoidettavissa. Samanaikaisesti hyllyttämisestä ja tutkinnasta vastaavat varastomiehet kierrätetään FBA ja FBB rajojen ylitse jolloin he kykenevät hyllyttämään kaikkia varastoon saapuvia nimikkeitä.

Lopullisena päämääränä on aikaansaada yksittäinen logistiikkaresurssi, jonka kaikki henkilöt kykenevät hyllyttämään ja keräilemään. Ulottamalla myös tavarantoimituksen vastaanoton koskemaan tätä resurssia, saadaan aikaiseksi henkilöstö joka kykenee joustavasti vastaamaan ennakoimattomiin kapasiteetti-ongelmiin, eikä ole haavoittuvainen poissaoloille. Henkilöresurssia kytetään moniosaamisen kautta ohjaamaan aina sinne, missä tarve on suurin. Näin saadaan myös rikottua syntynyttä asennetta, jossa henkilöt hoitavat ainoastaan oman kapean vastuualueensa asiat, eivätkä puutu muiden alueiden toimintaan koska ”ne eivät kuulu minulle”.

#### **4.5.3 +QDIP – johtamisjärjestelmän vakiointi**

Aikaisemmassa toimintamallissa logistiikan henkilöstö oli hajautuneena eri puolille tehdasta pienissä ryhmissä. Tiedotettavat asiat olivat usein erikseen jollekin ryhmälle suunnattuja. Tiedotus logistiikan sisäisesti tapahtui myös hajautetusti; tavarantoimituksen toivomuksesta pidettiin viikoittain lyhyt palaveri jossa käytiin tavarantoimitukseen liittyvät asiat. Molempien varastojen tiedottaminen tapahtui työnjohdon kierroksilla suullisesti pienen henkilömäärän vuoksi. Maanantaisin käytiin logistiikan mittarit lävitse jokaisen osa-alueen kanssa erikseen, ja kaikki juoksevat asiat ilmoitettiin suullisesti kierrosten yhteydessä jokaiselle henkilölle.

Uudessa organisaatiomallissa henkilöstön määrä on liian suuri, jotta jokaisen voisi yksitellen tavoittaa tiedotettavien asioiden osalta. Samoin suulliseen tiedottamiseen liittyy standardoimattomuutta ja virhemahdollisuuksia. Yhdistämällä päivittäisjohtamisen tapahtumaan joka aamuisen ja iltaisen +QDIP palaverin kautta, voidaan koko vuorossa oleva logistiikkaorganisaatio saada yhteen paikkaan tehokkaampaa tiedottamista varten. Lisäksi palautetilanteissa voidaan saada aikaan



päätöksiä jotka voidaan validoida koko ryhmän kesken samanaikaisesti, ilman erillisen kokouksen kutsumista.

#### **4.5.4 Venttiilien kierto**

Aikaisemmin tehtaalla valmistetut venttiilit on varastoitu FBA –varastossa, jossa ne odottivat yhdistelmäkokoonpanoa. Yhdistelmillä ja venttiileillä on omat keräyskorttinsa, jolloin venttiili saatettiin valmistaa jo ennen kaikkien yhdistelmän vaatimien osien saapumista varastoon. Seurauksena varastossa odotti usein lukuisia venttiileitä, aiheuttaen läpimenoajan venymistä ja ylimääräisiä varastointikustannuksia.

Uudessa mallissa venttiiliosat kerätään vasta kaikkien venttiiliyhdistelmän osien ollessa valmiita kerättäväksi. ATO –nimikkeiden osalta tämä tarkoittaa koko venttiiliyhdistelmän osien keräilyä samanaikaisesti, jolloin kaikki osat kulkevat koko ATO –kokoonpanoprosessin lävitse. Specialin osalta venttiiliosat kerätään ja lähetetään tuotantoon. Valmis venttiili pysyy Specialin omalla alueella, ja odottaa yhdistelmäosien lähettämistä tuotantosuunnitelman määräämänä päivänä. Jamesbury ja Stock –streameihin ei tule muutoksia, sillä niiden venttiilit tulevat tehtaalle valmiina, jolloin tehtaalla suoritetaan ainoastaan yhdistelmäkokoonpano ja sitä ruokkiva yksittäinen keräys.

Muutos estää arvovirran vastaisen liikenteen, jossa venttiilit palaisivat vielä varaston alueelle. Lisäksi tuotannon ongelmat ovat helpommin visualisoitavissa, mikäli tuotannon omat puskurit täyttyvät keskeneräisten venttiiliyhdistelmien valmiista venttiileistä. Varastoon hyllytetyt venttiilit piilottavat helpommin tuotannon ongelmat, jolloin seuraukset näkyvät ainoastaan järjestelmässä. Vastuiden jako on myös aikaisempaa selvempi; logistiikka toimittaa kaikki venttiiliyhdistelmän vaatimat osat oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan, jonka jälkeisistä toimista tuotanto on vastuussa. Toimilla pyritään myös vahvasti lyhentämään venttiiliyhdistelmien läpimenoaikaa kortin tulostuksesta valmiin yhdistelmän pakkaamiseen ja toimittamiseen. Keskeneräisen tuotannon varastointi on hukkaa, joka tulisi mahdollisuuksien mukaan poistaa.

#### **4.5.5 Maalaamon tyhjentäminen**

Osallistavissa kokouksissa nousi toisen iteraatiokierroksen aikana esille maalaamosta saapuva materiaa livirta. Aikaisemmin virta oli toteutettu siten, että maalaamo tiputtaa valmiit venttiilit ja toimilaitteet maalaamon ja varaston väliselle käytävälle, josta logistiikka hakee, kuittaa, ja hyllyttää kyseiset nimikkeet hyllyyn. Toimintaan liittyvien kommunikaatio-ongelmien ja puutteellisten hyllytysärsykkeiden syntymisestä johtuvia ongelmia oli pyritty kompensoimaan käyttämällä käytävää valmistuspuskurina. Tätä mahdollisuutta ei kuitenkaan ole jatkossa enää käytettävissä tarkoitukseen soveltuvien käytävien puuttuessa.

Maalatut nimikkeet on jotenkin saatava varaston saldoille ja hyllyyn. Toisella iteraatiokierroksella sovittiin, että maalaamo tuo maalatut nimikkeet maalaamon käytävän mukaiseen puskurihyllyyn, josta logistiikka hyllyttää nimikkeen oikealle paikalleen. Varastomies käy suorittamassa kierroksen määrätyn ajoin ja tarkistaa puskurin hyllytystarpeen. Kolmannen iteraatiokierroksen aikana verrattiin suunniteltua toimintaa Lean –filosofiaan ja päätettiin puskurin olevan hukkaa tuottava välivaihe joka ei tuo merkittävää lisäarvoa.

Tehokkaampaa olisi, mikäli maalaamo kykenisi hyllyttämään maalatun nimikkeen suoraan varaston hyllyyn. Tällöin kommunikaatio-ongelma saadaan hävitettyä, eikä prosessiin synny turhia välivarastoja. Maalaamosta saapuvat nimikkeet saadaan käyttöön heti kun ne valmistuvat maalauslinjalta, kun ne vanhassa mallissa saattoivat resurssipulan vuoksi odottaa hyllyttämistä jopa päiviä, johtuen käytävän kapeuden aiheuttamasta hyllytysjärjestyksestä, jossa viimeksi tuotu hyllytetään ensin ja aikaisemmin tuodut odottavat pidempää. Aikaisemmassa mallissa maalaamo joutui joka tapauksessa siirtämään maalatun nimikkeen trukilla linjalta käytävälle, joten työmääräisesti maalaamon kuorma ei huomattavasti kasva. Toteutus vaatii maalaamon henkilöstön perehdyttämistä hyllytykseen, sekä selvän alueen rajauksen johon hyllytettävät nimikkeet saapuvat. Itse maalauslinjan tyhjentämisen siirtäminen logistiikan hoidettavaksi ei ole toteutettavissa tämän projektin rajoissa, vaikka tällöin maalaajat voisivat keskittyä omaan tuotteelle arvoa tuottavaan työhönsä.

#### **4.5.6 Siirtyminen imuohjautuvaan keräilyyn**

Vanhassa mallissa tulostettiin erä vapautettavissa olevia keräyksiä, jonka jälkeen keräyksiä alettiin kerätä ja siirtää tuotantoon. Samankaltaisten keräysten tilanteissa keräilijät saattoivat myös omatoimisesti keräillä sarjoja, jolloin keräilijä kerää samanaikaisesti kahden tai useamman samanlaisen keräyksen osat. Tämä toimintatapa on suora seurausta aikaisemmasta funktionaalisesta ajattelutavasta, jossa eri osastot keskittyvät ainoastaan omaan toimintaansa. Toimitetut keräykset valmistuivat epätasaisesti, luoden välillä piikkejä, jolloin ylimääräisiä keräyksiä oli käytävillä ja lavahyllyissä. Näin ollen sarjana keräämisestä saatu hyöty keräilijälle ei välity prosessin seuraavassa vaiheessa olevalle kokoonpanijalle.

Ajateltaessa kokonaisuutta ja läpimenoaikoja, on ennakoitavuus tärkeässä roolissa. Näin ollen tasainen virta keräilyn ja tuotannon lävitse on huomattavasti haluttavampaa. Puskureista tulee entistä tärkeämpiä ja niitä pyritään jatkuvasti pienentämään. Uudessa mallissa luovutaan sarjojen keräämisestä ja keskitytään keräilemään ainoastaan tarpeeseen ja tuotannon kapasiteetin mukaisesti. Varaston puskuripaikoissa on laseranturit, joiden ansiosta nähdään jatkuvasti puskurien tilanne. Puskuripaikan vapautuessa tulisi varaston huolehtia mahdollisimman nopeasti puskurin paikalle uusi keräys ilman tuotannon pysähtymistä missään vaiheessa, mutta ilman ylimääräisten

keräysten tuottamista. Tavoitetilassa luovutaan keräilykorttien tulostamisesta etukäteen, ja tulostetaan uusi keräyskortti vasta kun keräyspuskurissa on sille tilaa.

#### **4.5.7 Visualisointi**

Vanhassa toimintamallissa eri streamien puskurit olivat FBA –varastossa eri puolilla varastoa, ja FBB –varastossa ei ollut helposti nähtävää puskuria. Lisäksi keskeneräiset keräilyt jäivät käytäville tai epävirallisille paikoille odottamaan keräykseen liittyvän ongelman ratkeamista. Tästä seurasi helposti tilanne, jossa vanhat asiat unohtuivat ja läpimenoajat pitenivät keräilyn kerätessä uusia työkortteja.

Uudessa toimintatavassa pyritään tuomaan esille mahdollisia ongelma-kohtia parantamalla entisestään visualisointia. Keskeneräisille keräyksille on luotu oma varastohyllystö B-riviin, joka on vastapäätä saapuvan materiaalin hyllyä. Puskuripaikat on keskitetty yhteen paikkaan A-hyllyyn. Molemmat alueet ovat eniten liikennöidyiltä käytäviltä nähtävissä, jolloin valmiit ja keskeneräiset keräykset ovat jatkuvasti havaittavissa, ja niihin liittyvät ongelmat eivät huku. Keskeneräisissä keräyksissä käytetään lomaketta, joka tuo ilmi keskeyttäneen keräilijän, keskeytyksen syyn, päivämäärän ja onko asia jo hoidettavana. Lisäksi keskeytyneet keräykset käydään työnjohdon kautta tarkastamassa, jolloin voidaan etsiä ja poistaa juurisyytä jotka ovat johtaneet keräyksen keskeytymiseen. Lisäksi varaston toimistossa on tietokoneruutu, jossa näkyy Metro-näkymä keräyspuskurista, jolloin keräystarve on keräyskorttien tulostajalla jatkuvasti nähtävissä.

Lisäksi tehostettiin ja yhdenmukaistettiin merkintöjä varastossa. Keräyspuskurit ja saapuvat paikat merkittiin selvästi väritarroin, jolloin paikoille ei vahingossa jätetä puskureille kuulumatonta materiaalia. Lavapaikkakohtaiset viivakooditarrat liimattiin kaikille paikoille ensimmäisille neljälle tasolle, ja rivinumerot sitä ylemmille paikoille, jolloin käsipäätteellä voidaan lukea paikkatieto käsin syöttämisen sijasta. Pientavarahyllystössä liimattiin lattiaan hyllyvälien numerot nopeuttamaan oikean välin löytämistä.

#### **4.5.8 Pesuprosessi**

Aikaisemmassa mallissa nimikkeet kerätään ja siirretään tuotannolle. Maalattavaksi menevät nimikkeet ja erityisen likaiset osat pestään tämän jälkeen tuotannon toimesta. Lisäksi koeponnistuksen jälkeen venttiiliosat pestään uudestaan ennen venttiilin siirtymistä eteenpäin.

Leanin mukaisesti asiakkaalle arvoa tuottava työ tulisi maksimoida. Näin ollen kokoonpanijan aika on arvokkaampaa hänen tehdessä arvoa tuottavaa työtä, eli kokoonpanotyötä. Kaikki ylimääräinen työ tulisi järjestyksen rajoissa siirtää tukitoimintojen tuotettavaksi. Edellä mainitun syyn vuoksi pesuprosessi siirretään

logistiikan alaisuuteen. Täten kaikki tuotantoon toimitettavat keräykset tulisi olla puhtaita ja valmiita kokoonpanoa varten. Tämä koskee ainoastaan uusia keräyksiä, sillä ponnauksen jälkeinen siirto varastoon pesua varten logistiikan toimesta tuottaisi jälleen lisää hukkaa ja venttiili liikkuisi tällöin arvovirran vastaisesti. Siksi ponnauksen jälkeinen pesu jää yhä tuotannon alaisuuteen.

Molemmilta puolin täytettävä pesukone otetaan käyttöön siten, että edeltävän pesuprosessin aikana valmistuneet keräykset jätetään pesukoneen viereisille lattiapaikoille ja pestävät osat nostetaan vapaana olevalle ritalälle. Pesun päätyttyä nyt valmis ritalä syötetään pesukoneeseen ja pesusta tullut ritalä tyhjennetään. Tarvittaessa pestyjä osia puhalletaan vielä käsikäyttöisesti paineilmalla, jotta osien sisään ei jäisi nestettä. Pesukoneessa itsessään käytettävässä pesuaineessa on ruostumista estävää liuosta, joten illalla pestyn keräyksen voi jättää keräyspuskuriin vaikka se ei välttämättä kulusikaan ennen aamua. Keräyksen osat eivät ruostu tässä ajassa suojaavan liuoksen ansiosta.

## 5 TOTEUTUMA JA TULEVAISUUS

Tässä luvussa tarkastellaan projektin seurauksena syntynyttä lopputulosta. Varaston layout muuttui vielä toteutusvaiheenkin aikana, mutta lopputulos oli pääsääntöisesti onnistunut. Useimmat asetetuista tavoitteista saavutettiin ja toiminta uudessa varastossa saatiin käynnistettyä ilman suuria ongelmia. Olosuhteiden pakosta ei kaikkia haluttuja muutoksia voitu toteuttaa, mutta nykyinen ratkaisu sallii mahdollisen jatkokehityksen tulevaisuudessa.

### 5.1 Tehdas 2.0

Tehdas 2.0 –projektissa yhdistyi layoutmuutos ja toimintatapamuutos, jotka kohdistuivat tehtaan omaan sisälogistiikkaan, ja kaikkiin neljään suurimpaan tuotantovirtaan. Kokonaismääräisesti muuttourakan aikana käytettiin logistiikan ja tuotannon kesken 5927 tuntia asennus- ja purkutöitä. Layoutmuutoksessa asennettiin yhteensä 4000 metriä heikkovirtakaapelia, 3800 metriä vahvavirtakaapelia, 1150 kpl sähkökytkentöjä, ja siirrettiin 64 200 kg laitteita ja kalusteita. Kuormalavapaikkoja purettiin yhteensä 2592 ja pystytettiin 3693, pitäen sisällään myös varaston ulkopuoliset lavapaikat.

Projektin johdosta materiaalivirrat suoraviivaistuivat ja yksinkertaistuivat. Näin ollen kokonaisuudesta tuli helpommin hahmotettavissa oleva ja helpommin johdettava. Uudessa toiminnassa kaikki komponentit kootaan yhteen varastoon josta tapahtuu keräily tuotannolle. Venttiilikokoonpanon jälkeen maalattava venttiili käy vielä maalaamossa. Tuotannosta yhdistelmä siirtyy tarkastuksen kautta pakkaamoon. Uusi yhdistelmäkokoonpanon virta on nähtävissä kuvassa 39.



Kuva 39, Venttiiliyhdistelmän vaatimat materiaaliveirrat

Uudessa tehdaslayoutissa venttiilikokoonpano yhdistettiin muun tuotannon kanssa yhtenäiseksi kokonaisuudekseen. Stock ja JB –streamien tuotantopisteille ei toteutettu suurimittaisia muutoksia, mutta ATO ja Special tuotannon sisäinen toiminta suunniteltiin uudelleen toteutettua ratkaisua varten. Special kokoonpano siirtyi hallinnollisesti ATO:n alle ja JB päätettiin siirtää vielä vuoden aikana toiseen Metson tehtaaseen, jolloin kapasiteettia suunnataan ATO ja Special Neles –tuotteiden kasvulle. Lisäksi keskeytyneen tuotannon Rework ja selvitysalue kohdennettiin tuotannon yhteyteen yhdeksi kokonaisuudekseen, kun se aikaisemmin oli ollut kahtena erillisenä osastonaan.

Uusi varasto työllistää 23 henkeä ja käytettävissä olevia lavapaikkoja on 3453. Näin ollen varastointikapasiteetti nousi yli tuhannella paikalla, jolloin suurempi nimikkeistö saadaan säilytettyä tehtaalla. Tämän suorana seurauksena on keräysten nopeutuminen kaikkien osien ollessa useamman tuotteen osalta heti keräiltävissä Vindealta tilaamisen sijaan. Uudessa varastossa on valmistumana noin 15 000 keräysriviä/viikko ja keräyksen keskimääräinen läpimenoaika 20 min. Nykyisillä resursseilla varaston keräilykapasiteetti on 18 000 keräysriviä/viikko, mikä tarkoittaa lopputuotteiksi muutettuna 600 yhdistelmää/viikko. Kapasiteettia on yhä nostettavissa nostamalla keräilyjäresursseja. Keräily on muuttunut imuohjautuvaksi tuotannon puskureista M3 –tuotantosuosittelman mukaisesti. Varaston käyttämien trukkien latausalue on siirtynyt vastapäätä uutta varastoa, vanhalla FBB –selvityspisteen alueelle.

## 5.2 Tavoitteiden saavuttaminen

Uuden varastoratkaisun toiminnassa oli useita eri tavoitteita, koskien eri sidosryhmiä. Karkeasti jaettuna tehtaan asettamat tavoitteet liittyivät Metson strategiaan tavoitteisiin ja Helsingin tehtaan vision toteutumiseen. Logistiikan asiakkaiden tavoitteet liittyivät pääsääntöisesti toimintatapoihin ja logistiikan kykyyn toteuttaa ja toimittaa katkeamattomasti tuotannon tarvitsemia keräyksiä tuotannon haluamassa järjestyksessä. Logistiikan sisäiset tavoitteet liittyivät pääasiallisesti prosessien hukan poistamiseen ja oman työn tekemisen tehostamiseen.

**Tehtaan asettamat tavoitteet** venttiiliyhdistelmän läpimenoaikojen ja vaihtelun alentamiseksi onnistuivat läpimenoaikojen diagnostiikkatyökalun mukaan. Kokonaisajallisesti läpimenoajat koko tuotantojärjestelmän lävitse siitä kun keräyslista tulostuu siihen kun valmis tuote toimitetaan pakkaamoon laskivat selvästi. Metson M3 ERP:istä ajetun tiedon nojalla voidaan myös todeta varaston sisäisesti keräilyaikojen alentuneen ja toimitusvarmuuden nousseen. Alun vaikeuksien jälkeen tuotannon tyhjänä olo logistiikan toimituskyvyn puutteen vuoksi on liki loppunut.

Projektin lopputuloksena FBA ja FBB varastot olivat myös kokonaan yhdistettyinä. Logistiikan johtamisjärjestelmän vakiointi on aloitettu ja +QDIP palaverit on otettu käyttöön aamuisin 8:30 ja iltaisin 15:00. Johtamisjärjestelmän vakiointi ei kuitenkaan ole vielä valmis, vaan sen toiminta hioutuu yhä. Vanhassa toimintamallissa oli huomattava määrä standardoimattomia toimintoja, joita varten toimintatapoja ei ole erikseen kirjattu. Näissä tilanteissa toiminta perustuu henkilökohtaisiin päätöksiin tai suullisiin sopimuksiin. Logistiikan standardoimattomien prosessien kartoitus ja vakiointi on kuitenkin jo aloitettu ja uusia toimintatapoja luotu.

Liitteen 1 kyselytutkimuksen avulla arvioitiin työntekijöiden kokemusta omista vaikutusmahdollisuuksistaan, eli arvioitiin miten hyvin osallistamisessa on onnistuttu. Vastauksia tuli kolmetoista, joista kymmenen koki saaneensa mahdollisuuden vaikuttaa uuden layoutin suunnitteluun, ja yhdeksän haluaa myös jatkossa osallistua vastaaviin projekteihin. Tulosta voidaan pitää hyvänä, mutta tavoitetilaa ei kuitenkaan täysin päästy. Moniosaamista on kasvatettu ja kaikki vanhat FBA ja FBB keräilijät keräävät nyt kaikkia streaminsa osia. Suunnitelma on jo valmiina myös kierrättää keräilijät varastomiesten tehtävissä ja nostaa streamien välistä keräilykokemusta. Muutostöiden aikana sattui yksi urakoitsijan virheestä johtunut loukkaantuminen, joten koko tehtaan osalta tämä tavoite ei täytynyt, logistiikan osalta kyllä. Budjetti myös ylittyi logistiikan osalta hyväksytyyn budjettiin nähden, johtuen lavahyllystöjen pystyttämisen urakointityön arvioitua korkeammasta hinnasta. Tehtaan asettamat tavoitteet on koottu taulukkoon 5.

**Taulukko 5, Tehtaan asettamien tavoitteiden onnistuminen**

|   |  |
|---|--|
| Läpimenoaikojen lyheneminen                               |  |
| Läpimenovaihtelun pieneneminen                            |  |
| FBA ja FBB ovat yhdistettynä ja toiminnassa               |  |
| Johtamisjärjestelmä on vakioitu                           |  |
| Työtehtävät on vakioitu                                   |  |
| Jokainen organisaation jäsen on vaikuttanut suunnitteluun |  |
| Moniosaamista kasvatetaan                                 |  |
| Kukaan ei loukkaannu muutostöiden aikana                  |  |
| Budjetti ei ylitä   |  |

**Logistiikan asiakkaiden tavoitteet** on onnistuttu täyttämään. Varaston valmistumisen ja kaikkien väliaikaisjärjestelyjen lopettamisen jälkeen tuotanto ei ole kertaakaan haukannut tyhjää, vaan tuotannolla on aina ollut valmiita keräyksiä otettavaksi työlle. Ennen projektia 85 % yhdistelmäkokoonpanon keräyksistä ja 76 % venttiilikokoonpanon keräyksistä saatiin kerättyä kahden työpäivän (48 h) sisällä keräyslistan tulostamisesta. Projektia seuranneen kesän aikana päästiin kuitenkin jo tasolle, jossa keskimääräinen aika koko keräykselle oli Stock –virrassa 10 h, ATO –virrassa 16 h, Special –virrassa 25 h ja Jamesbury –virrassa 16 h. Muutos on siis ollut merkittävä. Logistiikan asiakkaiden tavoitteet on koottu taulukkoon 6.

**Taulukko 6, Logistiikan asiakkaiden asettamien tavoitteiden onnistuminen**

|  |  |
|--|--|
| Stock-streamin keräily toimii vaatimusten mukaisesti   |  |
| JB-streamin keräily toimii vaatimusten mukaisesti      |  |
| ATO-streamin keräily toimii vaatimusten mukaisesti     |  |
| Special-streamin keräily toimii vaatimusten mukaisesti |  |
| CO/DO keräily toimii vaatimusten mukaisesti            |  |

**Logistiikan sisäiset tavoitteet** vaativat varaston ulkoisten materiaalivirtojen toteuttamista pääsääntöisesti AGV-vaunuilla. AGV-vaunujen käyttöastetta on nostettu edellisiin varastoihin verrattuna, mutta silti kaikkia isoja keräyksiä ei saada toimitettua AGV-vaunuilla. Keskeneneräiselle tuotannolle on varattu esillä oleva tila B-lavahyllystä ja keskeytyneisiin keräyksiin ollaan lisäämässä vielä erikseen keskeytyksestä kertova lomake, jolloin eri henkilö voi tarvittaessa tutkia keskeytyneen keräyksen syitä.

Varaston segmentoinnilla eliminointiin tarve siirtyä jatkuvasti hyllyrivien välillä, koska kaikki kokonaisuuksien osat löytyvät samoilta hyllyriveiltä. Vaikka tarkemmassa sijoittelussa olisi voitu vielä alemmalla tasolla optimoida kulkumatkoja kulutustietojen ja tuotetiedon avulla, voidaan toteutusta pitää onnistuneena.

Varastosta tulevissa ja varastosta lähtevissä materiaalivirroissa on ainoastaan kaksi risteävää materiaalivirtaa jotka kohdentuvat varastoon; maalaamosta ja



asennointitehtaalta saapuvat virrat risteävät tuotantoon kulkevien keräysten kanssa. Lisäksi Vindealle lähetettävät nimikkeet risteävät Vindealta tulevien nimikkeiden kanssa. Nämä seikat olivat kuitenkin rajattu layoutmuutoksen ulkopuolelle, ja kaikki toteutettavissa olevat minimoinnit onnistuivat. Tuotantoon saapuva materiaali ei myöskään tarvitse yhtään sen enempää käsittelyä kuin ennen muuttoa. Tämän lisäksi logistiikka pilotoi lavalayouttia, jolloin keräyksessä tietyt osat ovat aina tietyssä kohdassa lavaa, tukien tuotannon työntekijöiden työtä.

ATO-nimikkeistölle saatiin lisättyä lisää lavapaikkoja, mutta yhä kuitenkin ~50 % keräyksistä vaatii ainakin yhden osan Vindealta puutteellisen täyttöjen tilauskäytännön vuoksi. Uutta tilauskäytäntöä ollaan implementoimassa, jonka seurauksena prosentin pitäisi tippua arviolta 10 % alueelle. Tämän jälkeen ongelmaksi muodostuu ATO ja Special nimikkeiden erottaminen tietojärjestelmässä, sillä osien nimiketiedoissa ei ole mitään määräävää merkintää joilla nimikkeet kyettäisiin erottamaan tukeutumatta kokemukseen. Saldovirheitä tapahtuu yhä varastossa, tilastotietoa ei kuitenkaan ole vielä saatavilla, kuinka paljon paremmin saldot pitävät layoutmuutoksen jälkeen paikkansa, vai onko saldokuri heikentynyt.

Vindealta pyritään tilaamaan täyttöjä etukäteen, mutta tällä hetkellä joudutaan yhä tilaamaan monia nimikkeitä vasta kortin tulostuttua ja kortin pyytäessä nimikettä Vindean varastolta. Pyrkimys suljettuun varastoon ei toiminut, sillä tuotannon työntekijät joutuvat yhä jättämään työpisteensä hakeakseen osia varastosta keräysvirheiden vuoksi. Vindealta, toimittajilta ja osastoilta saapuva materiaali ohjautuu selvästi keskitetympään uudessa varastossa. Saapuvan materiaalin käytävä on myös 1,2 m tavallista käytävää leveämpi, mahdollistaen näin enemmän liikkumavaraa. Saapuvan tavaran oheen on myös asennettu tietokonepiste, josta voi tarkistaa saapuvan materiaalin tietoja ja varastohistoriaa. Pientavarahyllystön kippiportti helpottaa myös pientavarahyllystön toisen kerroksen täydentämistä. Layoutmuutoksen aikana valtaosa hitaasti kiertävästä materiaalista siirrettiin pakon sanelemana Vindean varastoon tai romutettiin. Näin ollen muuton jälkeen varastossa oli lähinnä ainoastaan käyttötavaraa. Logistiikassa ei kuitenkaan ole vielä käytössä prosessia, jonka avulla kiertämätön materiaali saadaan siivottua pois sisälogistiikan varastosta.

Turvallisuusnäkökulma tuli vahvasti esille varaston suunnittelussa, ja logistisessa suunnittelussa pyydettiin myös jatkuvasti työsuojelupäällikön ja työsuojeluvaltuutetun näkemykset suunniteltujen toimien turvallisuudesta. Valtaosaa esille nousseista ja tunnetuista ongelmakohdista parannettiin. Mahdollisia uuden varastoratkaisun tuomia uusia ennen tuntemattomia riskitekijöitä ei ole vielä tavattu. Logistiikan tavoitteiden toteutuma on esitetty taulukossa 7.

**Taulukko 7, Logistiikan sisäisten tavoitteiden onnistuminen**

|   |  |
|---|--|
| Varaston ulkoiset siirrot pyritään toteuttamaan AGV-vaunuilla |  |
| Keskeneräisen tuotannon on oltava visuaalisesti esillä        |  |
| Varaston kuljetusmatkat on minimoitava                        |  |
| Risteäviä ja palaavaa materiaalivirtaa vältettävä             |  |
| Tuotantoon tuotava materiaalia ei tarvitse turhaa käsittelyä  |  |
| ATO-keräily tulisi toteuttaa täysin tehtaan sisällä           |  |
| Saldomäärien tulee täsmätä                                    |  |
| Tilaukset Vindealta suuremmissa erissä                        |  |
| Tuotannon työntekijä ei joudu liikkumaan keräysvirheen vuoksi |  |
| Varaston täydennysten on toimittava vaivattomasti             |  |
| Kiertämätön materiaali varaston ulkopuolelle                  |  |
| Logistisessa suunnittelussa on huomioitu työturvallisuus      |  |

Pääasiallisesti voidaan siis pitää projektin onnistuneen saamiensa tavoitteiden suhteen. Tästä huolimatta osa projektin tavoitteiden osa-alueista jäi ratkaisematta, lähinnä ajanpuutteesta johtuvista syistä. Toiminnallisen puolen osa-alueiden tavoitteiden kehittäminen ja lopulta ratkaiseminen jatkuvat kuitenkin projektin jälkeenkin jatkuvan kehittämisen oppien mukaisesti.

### 5.3 Rajoitteiden ratkaisut

**Budjettipaine** – *Projektilla on suuret budjettipaineet, jolloin investointimahdollisuudet ovat rajalliset. Halutut muutokset on siis ennemmin toteutettava soveltamalla ja uusiokäyttämällä jo olemassa olevaa materiaalia, tai innovoimalla täysin uudenlaisia käyttömahdollisuuksia.*

Projektin aikana hyödynnettiin varastosta jo löytyvää materiaalia ja edellisestä muutosta ylijääneitä osia erittäin tehokkaasti. Vääntyneitä vetotasoja suoritettiin ja tahdittamalla tehtaan ainoa molemmilta puolin syötettävä pesukone saatiin pesukonetarve tiputettua yhteen. Tuotannossa ei olisi käytetty kyseistä pesukonetta molemmin puolin, joten tuotannon toiminnan tehokkuutta ei laskettu. Pylväsnostinten tarkennetulla hajautuksella saatiin varasto toimimaan alkuperäistä puominosturitarpeiden arviota pienemmällä nostokapasiteetilla. Pientavarahyllystöstäkin saatiin toimiva kokonaisuus erittäin pienillä rakenteellisilla muutoksilla, jota varten ei tarvinnut hankkia kuin muutamia muutososia. Kokonaisuutena investoinnit kohdentuivat pääosin uusien lavahyllyrakenteiden hankkimiseen, joita ei ollut ennestään riittävästi. Investointikuluihin nousi kuitenkin uuden toimiston vaatimat muutokset, jotka oli arvioitu huomattavasti alhaisemmiksi. Vanhassa toimistossa ei ollut kattoa, mutta koska uuteen toimistoon lisättiin kattolevyt, jouduttiin toimistoon lisäämään myös lain edellyttämä sammutusjärjestelmä ja ilmanvaihto.

**Keskeytymätön tuotanto** – *Tehdasta ei tulla sulkemaan muuton vuoksi, vaan tuotanto tulee olemaan käynnissä koko projektin ajan. Kapasiteettia tullaan laskemaan keskittämällä kokoonpanon lomapäiviä muuttoviikoille, mutta tavoitteellisesti tuotannon tulisi kyetä kaikkina aikoina ainakin 50 % kapasiteettiin muuton aikana. Näin ollen hyllytysten ja keräilyn tulee toimia katkeamattomasti kaikkien nimikkeiden osalta myös muuton aikana. Tukeakseen keskeytymätöntä tuotantoa, muuttaa tuotanto tulevan varaston alueelta vanhan FBA –varaston alueelle kokonaisuuksittain ja streameittain. Logistiikan muutto on tukitoimintona toissijainen prioriteetti. Tämän seurauksena varaston osia tullaan purkamaan saapuvien tuotannon kokonaisuuksien tieltä ja pystyttämään vapautuville alueille siinä järjestyksessä kuin se tukee katkeamatonta tuotantoa.*

Vaikka tuotannon työntekijöiden lomapäivä keskitettiin juurikin muuttoviikoille, pyrittiin koko logistiikkaorganisaation henkilöstö pitämään töissä muuttourakan aikana. Näin poikkeustilanteissa ja ongelmatapauksissa voitiin käyttää hyväksi ylitresursointia varmistamaan toiminnan katkeamattomuus. Henkilöstö osoitti myös joustavuutta ja tekivät vapaaehtoisesti pidempää työvuoroa kiireellisimpinä aikoina. Muuton ajan pidettiin logistiikkaan sulautuva keräily vielä vanhan työnjohtonsa alaisuudessa, jotta tuotannon ja keräilyn kommunikaatio pysyisi tiiviinä työpisteiden ollessa hajautuneina eri väistöalueille ja väliaikaisille työpisteille. Muuton aikana priorisoitiin myös vahvasti kriittisimmät nimikkeet jotka pidettiin varaston vähäisillä vapaina olevilla paikoilla. Tahditettu muutto huomioitiin myös varaston fyysisessä suunnittelussa, kaikista näkyvimmin pientavarahyllystöjen muutossa. Pientavarahyllystöt muutettiin siten, että haitta keräilylle oli minimaalisin. Kapasiteetti oli muuton aikana yli 50 %.

**Betonipilarit** – *Varaston lävitse kulkee ketju betonipilareita, jotka tukevat tehtaan kattorakenteita. Viiden metrin korkeudella betonipilareissa on levennyspaneeli, joka tekee pilarista 0,5 m leveämmän tällä korkeudella. Betonipilareita ei ole mahdollista purkaa vaarantamatta katon kantavuutta.*

Betonipilarit oli tärkein yksittäinen määräävä tekijä päätökselle toteuttaa uuden varaston hyllyrivit vaakasuorassa pystysuoran ratkaisun sijasta. Käytettävissä olevaa tilaa pyrittiin myös optimoimaan pystyttämällä lavahyllyt mahdollisimman lähelle betonipilareita, mutta jättämällä ylimmät kaksi levennyspaneelin kohdalla olevaa tasoa käyttämättä. Lavojen jättäminen näille paikoille on estetty ensin huomionauhalla, ja tullaan myöhemmin korvaamaan pysyvällä esteellä. Vaakapalkkien jaotusta myös muutettiin asentamalla pilarien eteen vain kahden lavan levyiset palkit, jolloin pilaria kohden säästettiin ylimääräiset kaksi lavapaikkaa. Havainnointi pilarista ja ratkaisusta on nähtävissä kuvassa 40.



**Kuva 40, Betonipilareiden ratkaisu**

**Sähkökaapit** – Varaston keskellä sijaitsee tehtaan pääsähkökeskus, sekä toinen pienempi sähkökaappi samassa linjassa pääsähkökaapin vieressä. Lisäksi tulevan varaston pohjoispäässä sijaitsee kolmas sähkökaappi. Sähkökaapit tarvitsevat eteensä 80 cm leveän esteettömän pääsyn huoltotöitä varten, jonka lisäksi sähkökaappien tulee olla suojattuna mahdollisilta vaurioilta. Alustavasti on esitetty mahdollisuus nostaa sähkökaapit kattoon ja rakentaa niille huoltosilta, jolloin sähkökaappien viemä alue olisi myös käytettävissä.

Sähkökaapit jäivät paikoilleen, sillä niiden siirtäminen olisi ollut liian kallista saataviin hyötyihin nähden. Keskimmäinen sähkökaappi loi luonnollisen rajauksen, jota käytettiin uudessa layoutsuunnittelussa pientavara-alueen ja lavahyllystön rajana. Huoltotunnelin sijasta sähköhyllyt päätettiin sulauttaa osaksi I-hyllyä. Hyllyyn asennettiin alikuluverkko ja takaverkko, jotta materiaalia ei voi tippua sähkökaapin päälle tai vaaditulle huoltotilalle. Näin sähkökaapin yläpuolelle voitiin rakentaa tavallisia lavahyllyjä, taaten samalla esteettömän pääsyn sähkökaapeille. Samalla saatiin asennettua hylly riittävän paljon etelämmäksi, jotta varaston pohjoispäähän voitiin pystyttää kokonainen uusi hyllyrivi, säilyttäen kuitenkin koko varaston lävitse käytävien standardileveys. Hyllyihin asennettiin vielä alin palkki, jotta sähkökaappien eteen ei lasketa lavoja edes väliaikaisesti. Ratkaisu on nähtävissä kuvassa 41.



**Kuva 41, Keskimmäiset sähkökaapit uudessa varastossa**

Pohjoisen sähkökaapin huoltotunneli on sähkökaapin ja heavyn lavavahyllyjen välissä, jolloin sähkökaapin selkä toimii uuden varaston pohjoisreunana. Käyttäen 2,8 m standardikäytäväleveyttä, kyettiin viimeinen R-hyllyrivi asentamaan juuri tämän sähkökaapin eteen. Sähkökaapin yläpuolinen tyhjä tila kuitenkin hyödynnettiin asentamalla sähkökaappia ja huoltotunnelia putoavalta materiaaalilta suojaava teräsritilä sähkökaapin ylle. Lujuuslaskennalla osoitettiin ratkaisu kestäväksi ja turvalliseksi. Näin varastossa saatiin käyttöön lisää syviä lavapaikkoja sähkökaapin yläpuolisista paikoista. Ratkaisu on esitetty kuvassa 42.





**Kuva 42, Pohjoinen sähkökaappi uudessa varastossa**

**Vesikaivot/Prosessikaivot** – Uuden varaston alueella toimineen venttiilikokoonpanon jäljiltä alueella sijaitsee useita vesikaivoja ja viemäreitä. Lisäksi alueella kulki käyttämättä olevia prosessikaivoja. Kaivojen kansille on mahdollistettava pääsy tarvittaessa, joten niiden eteen ei voi rakentaa pysyviä rakennelmia. Lisäksi kaivojen päälle ei ole mahdollista rakentaa mitään kantavaa rakennetta.

Kaivonkansien sijainnit eivät olleet tarkkoja, joten niiden tarkemmat paikat täytyi todeta lasermittaamalla. Näiden tulosten pohjalta oli mahdollista muuttaa pientavarahyllystön paikkaa, toimiston leveyttä ja lavahyllyjen palkkijakoa siten, että kaikki 31 kaivonkanta sijoittuivat joko hyllyjen alle tai käytäville. Näin ollen kaivojen tai niiden rakenteiden päälle ei lopulta sijoittunut ainoatakaan kantavaa osaa, ja kaikille kaivoille voidaan järjestää pääsy tunnin sisällä. Kaivonkansien vuoksi suoritettujen toimien vuoksi menetettiin ainoastaan 8 lavapaikkaa, mutta menetys kompensoitiin hyödyntämällä pientavarahyllystön siirrosta johtuneen läntisen käytävän leveneminen, jolloin pientavarahyllystön eteen mahtui uutta hyllyä yhteensä 64 uuden lavapaikan verran.

**Lattiavalu** – Venttiilikokoonpanon koeponnauksen jäljiltä tulevan varaston alueen länsipuolella sijaitsee valutusallas, jonka päällä on ritilätaso. Tälle alueelle ei heti voi sijoittaa mitään rakenteita. Allas puhdistetaan, kaivot piikataan ja nostetaan altaan pohjalta lattiatasoon, ja allas täytetään betonilla. Betonivalun toteuttaminen on hidasta ja betonin kuivumisessa kuluu aikaa. Betonivalua ei päästä toteuttamaan ennen ponnausalueen muuttamista uudelle alueelle.

Rajoite myöhästytti CO-alueen ja FBB pientavarahyllystön siirron lopulliselle paikalleen. Kun vanha CO-alue purettiin, perustettiin väliaikainen CO-alue FBA pientavarahyllyn länsipuolelle. Kaikki muut paitsi nostoapuvälineet saatiin käyttöön

tällä väliaikaisjärjestelyllä, joten CO-toimintaa kyettiin jatkamaan liki samalla tehokkuudella, vaikka CO-alueen muutto myöhästyi kuukaudella. Samoin FBB-pientavarahyllystön muutttoa myöhästettiin kuukaudella. Pientavaran osalta hyllystö oli kuitenkin keräiltävissä vanhalla paikallaan koko odotusajan.

**Määrätty aikataulutus** – *Projektin alkaessa suunnitteluvaiheeseen oli varattu aikaa usean kuukauden ajaksi. Tuotantopaineiden vuoksi layoutin toteutusaikaa aikaistettiin ja lyhennettiin, jotta muuttoviikot sijoittuisivat tuotannollisesti hiljaisemmalle ajalle. Tehtaan olisi määrä toimia täydellä kapasiteetilla projektia seuraavien kuukausien aikana, joille ennustettiin tavallista korkeampaa tuotantokuormaa. Tämän vuoksi suunnitteluun käytettävissä oleva aika väheni merkittävästi.*

Rajoitteen vaikutuksia pyrittiin minimoimaan joustavalla toimihenkilötyöllä, jolloin työpäivien pituutta lisättiin usealla tunnilla ja suunnittelua jatkettiin myös työajan ulkopuolella. Rajoitteesta huolimatta suunniteltavat ratkaisut osallistettiin ja validoitiin myös työntekijöiden kautta, ja osavastuuta suunnittelusta siirrettiin työntekijäportaalle, jolla oli kokemusta varastotoiminnasta. Muuttourakka jouduttiin rajoitteen vuoksi kuitenkin aloittamaan keskeneräisellä suunnitelmalla. Muuttourakan aikana rekrytoitiin logistiikkaorganisaatioon uusi työnjohtaja, jolloin toimihenkilöresurssia vapautui jatkamaan tiivistä kehitystä, ongelmien jatkuvaa etsimistä ja nousevien ongelmien ratkaisua. Myös tänä aikana toimihenkilöresurssi toimi joustavasti pidennetyllä työpäivän pituudella.

## 5.4 Havaittujen ongelmien ratkaisut

**Joustamaton henkilöresurssi** – Varastossa toimiva henkilöstö yhdistettiin saman työnjohdon alle, jolloin CO-keräily, Stream-keräily, varastomiehet ja tavaran vastaanoton henkilöstö ovat kaikki logistiikkaorganisaation alla. Samoin aloitettiin työnkiertohanke, jonka tavoitteena kaikki logistiikkaorganisaation työntekijät voivat suorittaa kaikkia logistiikkaorganisaation tehtäviä. Tällä varmistetaan joustava työskentely, jossa henkilöresurssia voidaan ohjata kriittisiin tehtäviin aina tarpeen vaatiessa. Laaja työntekijäpooli myös vähentää yksittäisten toimintojen haavoittuvuutta, kun tehtävää voi poissaolo- ja tuotantopiikkitilanteissa tuurata toinen työntekijä heti ilman perehdytystä ja laiminlyömistä hänen omaa tehtäväänsä.

**Varastojen heikko hallittavuus** – Koska kaikki varastossa toimivat henkilöt ovat saman organisaation alaisuudessa, saadaan kaikki varaston henkilöstöä koskeva tiedotus suoritettua yhdenaikaisesti ja yhdenmukaisesti. Vakioitu +QDIP –käytäntö aamuvuoron kanssa 8:30 ja vuoronvaihdon yhteydessä 15:00 helpottaa huomattavasti tiedotusta ja palautteenantoa. Lisäksi varastossa on pyrkimys vähentää selvästi ulkopuolista hallitsematonta käyntiä varaston alueelle. Tavoitteeseen suljetusta varastosta ei päästy, vaan kirjoitushetkellä tuotannosta käydään yhä varastossa hakemassa osia ja Heavy –

kokoonpanon henkilöstö käy lounas- ja kahvitauoille mennessään varaston pääkäytävän lävitse.

**Varastosaldojen epäluotettavuus** – Saldoerot ovat uudessa varastossa edelleenkin vaivana, eikä kiertävistä inventaareista ole vielä riittävästi dataa selvien johtopäätösten tekemiseen saldoerojen laajuudesta verrattuna vanhaan varastoon. Projektin aikana puututtiin kuitenkin useisiin saldoerojen juurisyyhin. Prosesseja pyrittiin parantamaan ja selkeyttämään, jotta toimintatavat poikkeamatilanteissa olisivat selkeät ja saldokirjaukset näissä tilanteissa tulisivat tehdyksi. Rakennevirheisiin ei voitu puuttua, sillä niiden ehkäiseminen oli logistiikan ulottumattomissa. Rakennevirheissä pyritään ohjaamaan osavaihdot tuotannon osastojärjestelijöiden kautta, jotka merkitsevät väärän osan varastossa sijaitsevaan listaan. Näin ainakin saadaan tunnistettua toistuvia virheitä mahdollisille jatkotoimille. Reworkin peruuttamat MO:t eivät enää palaudu järjestelmässä varaston saldoille, vaan sovittiin Reworkin pitävän osat omassa SEKO – lokaatiossa, josta mahdollisesti materiaalin palautuessa fyysisesti varastoon suoritetaan varastosiirto. Sarjojen kerääminen on myös lopetettu ja puututtu virheelliseen keräilyyn. Inventaaritoimiin ei tullut merkittäviä muutoksia, kuin että kahden pienen kiertävän inventaarin sijasta suoritetaan yhdistetyssä varastossa ainoastaan yhtenä päivänä viikossa yksi suurempi kiertävä inventaari.

**Varastointitilan riittämättömyys** – Uudessa varastossa on riittävästi tilaa säilyttää kaikkia Stock, JB ja ATO –nimikkeitä tehtaan sisäisessä varastossa, jonne tilataan täyttöjä Vindealta. Tämä on tehokkaampaa kuin yksittäisten kappaleiden tilaaminen aina tarpeeseen. Lisäksi varastossa on riittävästi varattua tilaa säilyttää kaikki tehtaalta valmistuvat toimilaitteet, jolloin toimilaitteista johtuvista transaktioista päästään eroon ja viikkoraportoinnista voitiin poistaa Vindealle lähetettävien toimilaitteiden seuranta. Kaikkia JB ja ATO –nimikkeitä ei ole kuitenkaan vielä kutsuttu kirjoitusvaiheessa tehtaan varastoon ja täyttökäytäntö oli yhä toteuttamatta, jolloin haastattelujen perusteella 40 % Jamesbury ja 30 % ATO –keräyksistä vaativat yhä tilausta Vindean varastosta, vaikka tehtaan varastossa olisi kyseisille tuotteille tilaa.

**Keräilyssä käytetyt virtuaalisetit** – Vaikka virtuaalisetit aiheuttavat logistiikkaorganisaatiolle ongelmia, helpottaa virtuaalisettien olemassaolo suunnittelutoimea. Ratkaisua virtuaalisettien tuomaan ongelmaan ei projektin aikana otettu käyttöön. Mahdollisia tulevia ratkaisuja on pyrkimys saada virtuaalisettien sisältämät nimikkeet auki tulostettavaan keräyslistaan tai rajoittaa virtuaalisettien luomisoikeuksia ja kerätä kaikki virtuaalisetit luomisen yhteydessä fyysisesti valmiiksi pusseiksi, jolloin kyseessä ei olisi enää virtuaalinen setti.



## 5.5 Varastoturvallisuus

Luvussa 3.6 tunnistettiin useita mahdollisia riskitekijöitä vanhassa toiminnassa. Riskitekijöille etsittiin korjaavia toimenpiteitä, jonka jälkeen toimenpiteiden tarpeellisuutta arvioitiin. Uudesta toiminnasta ei ole vielä havaittu uusia merkittäviä riskitekijöitä, joita ei olisi korjattu jo suunnitteluvaiheessa. Aikaisemmin havaittujen riskien tilanne uudessa varastoratkaisussa on nähtävissä taulukossa 8.

**Taulukko 8, Riskianalyysi uudessa varastossa**

| Syy                               | Seuraus                        | Riski            |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------|
| Erilainen trukkikalusto           | Hallitsematon liike            | Siedettävä riski |
| Nostopiikkien tuki                | Ylempi lava tippuu alas        | Siedettävä riski |
| Ylimpien lavojen osuma            | Lava tippuu alas               | Siedettävä riski |
| Lavastopparien puute              | Taaempi lava tippuu alas       | Mitätön riski    |
| Suojaamaton sähkökaappi           | Törmäys Trukki-Kaappi          | Mitätön riski    |
| Pientavarahyllyn täyttö           | Turvakaiteen rakenne heikkenee | Mitätön riski    |
| Paljon risteävää trukkilikennettä | Törmäys Trukki-Trukki          | Siedettävä riski |
| Pientavarahyllyn käytävät         | Törmäys Trukki-Ihminen         | Mitätön riski    |
| Lattialla olevat lavat            | Kompastuminen lavaan           | Mitätön riski    |

Erilaisiin trukkikalustosta johtuviin ongelmiin ei projektin aikana puututtu. Trukkikalusto on hyvin huollettua ja erilaisista trukeista johtuvat hallitsemattomat liikkeet tuottavat hyväksyttävän vähän vahinkoa. Ylimpien lavojen osumien vähentämiseksi pilotoitiin trukin piikkeihin asennettavaa kameraa ja tuotettiin kysely nostotietokoneen asentamisesta, joka asettaisi piikit aina oikealle korkeudelle. Saatava hyöty nähtiin kuitenkin liian pienenä.

Uuden varaston alueella sijaitsevat sähkökaapit suojattiin kuitenkin sekä putoavalta materiaaalilta, että trukkitörmäykseltä suojaverkoin ja törmäyssuojin. Uudessa varastossa tahaton törmäys sähkökaappiin on liki mahdoton toteutua.

Pientavarahyllystön täyttö korvattiin ensin lavaportilla, joka mahdollisen putoamisvaaran vuoksi muutettiin vielä kippiportiksi. Näin ollen pientavarahyllystön rakenteet pysyvät ehjinä, ja lavojen purkua varten on riittävä tila verrattuna ahtaaseen toimintatilaan joka oli vanhassa varastossa.

Risteävää trukkilikennettä rajoitettiin segmenttoimalla varasto eri alueisiin ja ohjaamalla keräyspyyhkäisyjä ja hyllytysajoja seuraamaan yhdenmukaisia reittejä. Vaikka trukkitörmäyksen riskiä ei saada kokonaan poistettua, on riski huomattavasti alhaisempi uudessa ratkaisussa, huolimatta varastossa liikkuvien trukkien määrällisestä kasvusta.

Pientavara-alue, toimiston edusta ja pesukoneen edusta ovat uudessa ratkaisussa trukittomia alueita. Näin ollen trukin törmäminen näillä alueilla henkilöön on liki

mahdotonta tahattomasti. Vaikka pääasiallisesti varaston käytävillä ei ole luvallista jalankulkua, on toimistosta ja pientavara-alueelta trukkipäivästä ylittävää jalankulkuliikennettä. Ylityskohtien lukumäärä on kuitenkin vähentynyt ja keskittynyt hyvän näkyvyyden omaaville paikoille, joten törmäys on huomattavasti epätodennäköisempää kuin ennen.

Varastossa on saapuville, varastoitaville, keskeneräisille, ja lähteville materiaaleille omat lavapaikkansa. Näin ollen uudessa toimintamallissa jokainen lattialla oleva lava on poikkeus, joka tulisi selvittää. Koska lavoille on varattu hyllypaikat, on lattialla oleviin lavoihin kompastuminen epätodennäköistä uudessa ratkaisussa.

## 5.6 Lean ja Six Sigma –periaatteiden toteutuminen

Aika- ja resurssipuutteiden vuoksi virallisia menetelmiä ei päästy täysin hyödyntämään. Osa päätöksistä jouduttiin tekemään vajavaisin tiedoin, eikä kaikkia tunnistettuja ongelmia kyetty ratkaista. Tästä huolimatta Leanin ja Six Sigman ajatusmalleja saatiin hyödynnettyä suunnittelussa.

Yksi Leanin pääpainopisteistä on henkilöstön ottaminen mukaan suunnittelussa. Vaikka kaikkia työntekijöiden ideoita ei voitu toteuttaa, tuotti osallistaminen suuren määrän hyödyllistä tietoa. Erityisesti harvinaisempien ongelmien ja materiaali- ja laajan suhteen saatiin huomattava määrä kehittävästä palautteesta. Toimintaan liittyviä muutoksia pyrittiin myös mahdollisuuksien mukaan pilotoimaan, vaikka aikapaineiden ja henkilöresurssin kiireellisyyden vuoksi aina ei kyetty suorittamaan useampia kuin yhtä DMAIC – kierrosta.

Suurena muutoksena oli siirtyminen push –mallisesta keräilystä, jossa aamulla tulostettiin päivän keräyskortit ja keräily keräili niitä itsenäisesti. Mikäli samanlaisia tuotteita oli monta peräkkäin, keräsi keräilijä useamman samanlaisen keräyksen samanaikaisesti sarjana, jolloin keräily oli tehokasta, mutta tuotannolle keräykset toimitettiin piikkeinä. Tästä siirryttiin pull –malliseen virtautettuun keräilyyn. Aina puskuripaikan tyhjetessä tulostetaan uusi kortti, joka lähtee heti keräilyyn. Keräilijä kerää tämän yhden keräyksen ja toimittaa sen puskuriin, jolloin tuotannolle toimitetaan tasaisena virtana uusia keräyksiä aina työpisteen ollessa vailla työtä. Tämä on suuri muutos ajattelutavassa, sillä nyt logistiikan keräilijät ja trukit voivat hyväksytysti olla välillä pienemmällä käyttöasteella tai toimettomina, kunhan arvoa tuottava tuotanto pysyy jatkuvasti toiminnassa.

Leania hyödynnettiin myös segmentoimalla toimintaan liittyvät ongelmat Leanin esittämien hukan tyyppien mukaisesti. Useita Leanin hukista saatiin vähennettyä uudella varastoratkaisulla, esimerkiksi varastoinnin hukkaa pienennettyä yhdistämällä FBA ja FBB –varastojen yhteiset osat samoille paikoille. Tarpeettomia kuljetuksia

Vindean ja Metson välillä saatiin karsittua esimerkiksi toimilaitteiden varastoinnin suhteen. Nykyinen materiaali-jako tukee nopeampaa keräilyä. Koko keräyksen lähettäminen kerralla vähentää odottamiseen kuluva hukkua, mikäli seuraavan vaiheen jotain osaa ei olekaan, vaan kaikki keräykset lähtevät aina täysinä.

Eräitä aikaisemmin tuotannolle kuuluneita työtehtäviä siirrettiin myös logistiikan alaisuuteen. Tämä noudattaa Leanin oppia, jossa arvoa tuottamattomat prosessit siirretään tukitoimintojen hoidettavaksi. Tähän kuuluu esimerkiksi pesuprosessi ja hienokuormittaminen, jotka ovat nyt osa varaston vastuuta. Kokoonpanijan ei ole mielekästä odottaa pesukoneen vieressä likaisten osien puhdistumista, vaan hänen tulisi voida keskittyä tuottamaan arvoa kokoonpanemalla lopputuotetta heti käyttövalmiista komponenteista. Varaston hienokuormittaessa tuotannon keräyksiä saadaan vikatilanteissa heti aloitettua uuden tilauksen kerääminen, jotta tuotanto ei pysähtyisi. Kaikkien keräilijöiden ollessa samassa organisaatiossa, saadaan myös keräyskapasiteettia siirrettyä streamien välillä tehokkaasti tarpeen niin vaatiessa.

Varianssia saatiin myös vähennettyä usealla eri keinolla. Viikoittaisissa kokouksissa ja kahdenkeskeisissä keskusteluissa nostettiin usein esille virhetilanteet, sekä pohdittiin niiden juurisyitä. KPI –raportista voitiin nähdä viikkoinventaareissa olleen huomattavaa varianssia. Tietyille harvinaisemmille varastotransaktioille ei ollut aikaisemmin valmista prosessia, joten niitä alettiin kartoittaa ja vakioida. Sarjana keräämisessä otettiin usein keräyskortin vastaisesti vääriltä paikoilta osia, mutta nyt sarjana keräämisestä luovuttiin. HSE –raporteista voitiin nähdä trukkien osuneen usein puominostureihin, jonka riski poistettiin täysin uudessa varastoratkaisussa. Tiukkaa materiaali-jakoa noudattavassa varastossa samanlaisissa keräyksissä on aikaisempaa pienempi mahdollisuus variansseihin kaikkien osien ollessa aina suurin piirtein samalla alueella. Sairauspoissaoloista johtuvan varianssin riskiä pyrittiin vähentämään poistamalla ja parantamalla jo tunnettuja riskitekijöitä varastossa, sekä sopimalla ergonomisen nostokoulutuksen pitämisestä työterveyden kanssa. Poissaoloista johtuvan varianssin kokoa pyrittiin myös alentamaan moniosaamisen kasvattamisen kautta.

Osallistamisesta jäi projektin toteuttamisen jälkeen pidetyn kyselyn perusteella pääosin hyvä tunne työntekijöille. Tämä mahdollistaa osallistamisen hyödyntämisen myös jatkossa Leanin ja Six Sigman kehittämisen suhteen. Pahasti epäonnistunut osallistaminen olisi todennäköisesti alentanut merkittävästi työntekijöiden halua osallistua vastaavanlaiseen projektiin tulevaisuudessa.

## 5.7 Jatkokehityskohteet

Kaikki helposti toteutettavissa olleet lyhyen aikavälin kehityskohteet toteutettiin mahdollisuuksien mukaan. Loput lyhyen aikavälin kohteet ja vajavaisesti toteutetut muutokset, kuten visuaalisuuden lisääminen, turvallisuuden lisääminen, puskurien

vähentäminen ja tarpeettomien hukkiin poistaminen, toteutetaan jatkuvan kehityksen mallin mukaisesti päivittäistoiminnassa. Kuitenkin keskipitkälle aikavälille olisi perusteltua tutkia vähintään RFID:n hyödyntämisen syventämistä, AGV –vaunujen käytön laajentamista, sekä käytetyn trukkaluonnon yhdenmukaistamista.

### **5.7.1 RFID**

Eräs suurimmista RFID:n eduista on, ettei se tarvitse näköyhteyttä lähettimen ja lukijan välille, jotta lähettimen tiedot voitaisiin lukea. Tämä mahdollistaa suljettujen laatikoiden ja pakkausten lävitse tehtävän tietojen luvun, joka helpottaa varsinkin suurien erien ja lavojen käsittelyä. Toinen suuri RFID:n etu on sen kyky lukea samanaikaisesti usea eri tuote. Usean samalla lavalla olevan tuotteen vastaanottaminen tai lähettäminen tehostuu, jos kaikkien tuotteiden luvun voi suorittaa samanaikaisesti, sen sijaan että jokaisen tuotteen sarjanumero tai viivakoodi luettaisiin erikseen. Passiiviset RFID -tunnisteet ovat lisäksi uusiokäytettäviä ja kestävät myös hyvin luonnonvoimia. (Cook & Tomarelli, 2008)

RFID:tä hyödynnetään tällä hetkellä ainoastaan tiettyjen vakiotäyttölaatikoiden tilauksissa. Hyötykäyttöä olisi kuitenkin helppoa laajentaa koskemaan lavojen ja tiettyjen uusien pientavaroiden seuraamista. RFID:n laajemmalla hyödyntämisellä olisi mahdollista automatisoida useita varaston ja tavaran vastaanoton välivaiheita ja helpottaa materiaalin seuranta. Useimpiin tuotteisiin tulostetaan jo tunnistepaperi tai viivakooditarra logistiikan toimesta, joten RFID tunnuksen tulostaminen ja kiinnittäminen ei tuottaisi tähän työvaiheeseen merkittävää muutosta. Koska RFID –tunniste voidaan tulostaa myös paperin tai tarran sisään, voidaan RFID:tä käyttää tarvittaessa rinnakkain viivakoodien ja käsin tarkastamisen kanssa. RFID:n kestävyys ansiosta jopa virhetilanteissa jossa Vindean ja tehtaan välillä liikkuva lava jäisi koko yöksi ulos sateeseen ilman suojausta, olisi tuotteen ja lavan tiedot yhä helposti tarkastettavissa. Suurimpiin haasteisiin kuuluisi ohjelmiston yhteensovittaminen ja käyttöönoton vaatiman rahoituksen hankkiminen.

### **5.7.2 AGV –toiminnan laajentaminen**

Tällä hetkellä Metsolla on toiminnassa kolme AGV-vaunua, joilla siirretään lavoja tavaran vastaanotosta varastoon, puskureista työpisteille ja työpisteiltä pakkaamoon. Ulottuvuuksiltaan isoja lavoja ei kuitenkaan siirretä AGV –vaunuilla, vaan ne siirretään yhä manuaalisesti. Metsolla on kuitenkin olemassa neljäskin AGV –vaunu, joka on hankittu siirtämään juurikin raskaampia lavoja. Tästä vaunusta maksetaan kuukautista vuokraa, mutta siitä huolimatta vaunua ei hyödynnetä. Vaunun käyttöönoton edellytykset ja esteet tulisi tutkia ja saattaa neljäskin vaunu hyötykäyttöön.

AGV –vaunuja voisi myös hyödyntää osaan Vindealta saapuvista lavoista. Vakiotäyttölavat joiden sisältöä ei tarvitse käyttää vastaanottotarkastuksen kautta voisi

siirtää suoraan AGV –vaunulla jättöpisteestä lähtevän rullaradan avulla. Näin tavaran vastaanoton työkuorma vähenisi ja Vindealta vasteaika lyhenisi siitä kun kotiinkutsu on lähetetty Vindealle, siihen kun tilattu materiaali on käytettävissä.

### **5.7.3 Trukkikaluston vaiheittainen yhdenmukaistaminen**

Metson käyttämä trukkikalusto on kirjavaa. Vaikka usean eri toimittajan kalustoa käyttäessä yritys ei tule riippuvaiseksi kyseisestä toimittajasta, tulisi kaluston malliston olla yhtenevä. Eri tavalla käyttäytyvät trukit aiheuttavat vaaratilanteita ja vaikeuttavat uuden työntekijän perehdyttämistä. Nykyisellä kalustolla työntekijöille profiloituu myös helposti ”minun trukkini”, jota kyseinen työntekijä pyrkii aina käyttämään. Tämä aiheuttaa joustavuuden alenemista, sekä jopa kitkatilanteita toisten työntekijöiden kanssa. Olisikin siis suositeltavaa aina vanhan vuokrasuhteen päättyessä valita uudeksi sama trukkimalli, tai vähintäänkin perustoiminnoiltaan yhtenevä malli. Tällä hetkellä esimerkiksi ohjauksellisesti eri trukit kääntyvät eri suuntiin.

## 6 YHTEENVETO

Vanhassa toimintamallissa oli useita jo aikaisemmin havaittuja, sekä projektin aikana esiin nousseita ongelmia. Nämä ongelmat pidensivät läpimenoaikoja, aiheuttivat myöhästymiä ja siten vaikuttivat negatiivisesti asiakkaiden arvioihin Metson luotettavuudesta ja kilpailukyvystä markkinoilla. Lisäksi toimintaan liittyi hukkaa. Motivaatio nyt toteutetulle projektille oli siis selvä.

Tehdas 2.0 projekti oli erittäin kunnianhimoinen hanke, joka pyrki toteuttamaan samanaikaisesti sekä rakenteellisen, että toiminallisen muutoksen. Projektiin liittyi myös halu muuttaa koko ajattelutapaa kohti Lean –periaatteita, sekä muovata yrityskulttuuria kohti yhä osallistavampaa toimintaa. Suurimpina haasteina olivat budjetti- ja aikaresurssien vähäisyys.

Investointikohteiden osalta jouduttiin luopumaan useista halutuista parannuksista, ja jouduttiin keskittymään välttämättömimpien kohteiden priorisointiin. Leanin pohjalta pyrittiin maksimoimaan hyöty olemassa olevista resursseista ja pyrittiin keskittymään oleellisimpiin logistiikan asiakkaita hyödyttäviin kohteisiin, kuten uusiin vetotasoihin keräilyn nopeuttamiseksi. Tavoitteena oli siis tuottaa mahdollisimman tehokasta palvelua asiakkaille vähäisilläkin resursseilla keskittymällä toiminnalle tärkeimpiin resursseihin.

Aikaresurssin osalta jouduttiin soveltamaan erityisen paljon. Tiukentuneiden aikataulujen vuoksi ehdittiin rakenteellista layouttia suunnittelemaan alle viisi viikkoa. Vaikka tätä ennen oli jo tehty pohjatyötä teoriaan tutustumisen, asiakkaiden vaatimusten ja aikaisempien varastoratkaisujen arviointien kautta, jäi layoutin piirtämiseen ja näiden vaiheiden validointiin osallistamisen kautta erittäin vähän aikaa. Tämän vuoksi pyrittiin tuottamaan yleinen ratkaisu ennen muuton aloittamista, jonka jälkeen kunkin toteutusvaiheen seuraavan osion alueet tarkastettiin ennen kyseisen vaiheen alkua. Joustavan suunnitteluryhmän säilyttäminen mahdollisti nopeat reagoinnit yllättäviin muutoksiin, ja kaikki muuton aikana nousseet ongelmat saatiin onnistuneesti ratkaistua ilman myöhästymisen aiheuttamista itse muuttoprojektille.

Projektin alkuvaiheessa onnistuttiin tunnistamaan useita ongelmatekijöitä, joihin saatiin aikaiseksi korjaavia esityksiä. Tässä tunnistamis- ja korjausprosessissa oli osallistamisen kautta mukana sekä toimihenkilöitä, että työntekijöitä. Leania hyödynnettiin segmentoimalla tunnistetut ongelmat Leanin esittämien hukan tyyppien

mukaisesti. Näin saatiin rikottua isommat ongelmat ja niiden tekijät helpommin lähestyttäväksi osiksi.

Toimivan virtautuksen aikaansaamiseksi tulisi toiminnassa olla mahdollisimman vähän variaatioita. Näihin variaatioihin pureuduttiin käyttäen hyväksi Six Sigmaan liittyviä metodeja. Siirtotoimintoja pyrittiin keskittämään yhä enemmän AGV –trukeille ja keräilyaikojen variaatioita pyrittiin vähentämään. Poikkeustilanteiden, kuten saldovirheen tai rikkoutuneen osan selvittämistä nopeutettiin muun muassa visualisoinnin ja standardoimisen kautta. Uudenlaista keräilylavaa, osastojärjestelijän tehtäviä, kommunikointia eri osastojen kanssa ja henkilöstön kierrättämistä pilotoitiin jo projektin aikana.

Suunnitteluvaiheeseen varatun ajan lyhenemisen vuoksi kaikki ratkaisut eivät olleet optimaalisia, eikä kaikkia ongelmia saatu uskottavasti korjattua. Itse fyysinen lopputulos osoittaa kuitenkin merkittävää parannusta turvallisuuteen, tehokkuuteen, läpimenoaikoihin ja kapasiteettiin edelliseen ratkaisuun verrattuna. Vaikka Leanin mukaan varastoon sitoutunutta arvoa tulisi voimallisesti vähentää, päädyttiin projektissa laajentamaan Leanin vastaisesti tehtaalla olevaa varastokapasiteettia. Tämä voidaan kuitenkin perustella virallisten ja epävirallisten välivarastojen vähenemisellä ja tehtaan uudistuneen hankintastrategian vaatimuksilla. Vaikka aikaisemmin oli käytettävissä vähemmän lavapaikkoja, oli käytävillä lukuisia lavoja, jotka ovat nyt tilatehokkaammin lavahyllyissä. Hankinnassa painopiste on siirtymässä Kiinaan, jolloin varmuusvarastojen kokoja joudutaan kasvattamaan, vaikka kokonaiskustannukset laskevat alempien hankintakustannusten vuoksi.

Projektille asetetut tavoitteet olivat korkeat, eikä niihin kaikkiin ylletty projektin aikana. Pääsääntöisesti projektia voidaan kuitenkin pitää onnistuneena, sillä se täytti kaikki keskeisimmät tavoitteet; varastot saatiin onnistuneesti yhdistettyä, keräilyajat vähenivät ja varaston toimitusvarmuutta saatiin nostettua. Projektin menestymiselle oli keskeisessä roolissa onnistunut avainhenkilöiden osallistaminen ja päätös toteuttaa joustavasti jatkuvaa layoutin kehitystä jopa muutonkin aikana, sen sijaan että olisi luotu suunnitteluaikeiden puitteissa lopullinen malli, joka olisi toteutettu sellaisenaan. Vaikka kaikkia havaittuja ongelmia ei saatu ratkaistua, eikä haluttuja investointeja toteutettua, kyettiin projektin aikana soveltamaan onnistuneesti Leanin ja Six Sigman periaatteita varastosuunnitteluun.

Lopullisen varastolayoutin voidaan todeta tukevan osaltaan Metson pyrkimystä kohti yhä virtaututempaa ja tehokkaampaa toimintaa. Pienentyneiden variaatioiden ansiosta Metso parantaa asemaansa luotettavana toimittajana ja kykenee tarjoamaan asiakkailleen yhä lyhyempiä toimitusaikoja. Logistiikassa olleen hukan poistaminen, Vindeatransaktioiden minimoiminen ja variaatioista johtuvien myöhästymissakkojen väheneminen tuottavat suoraa liiketoiminnallista voittoa Metsolle.

## LÄHTEET

Antunes D., Sousa S., Nunes E. 2013. Using Project Six Sigma and Lean Concepts in Internal Logistics. Proceedings of the World Congress of Engineering 2013 Vol 1.

Baily P., Farmer D., Jessop D., Jones D. 2005. Purchasing Principles and Management. Prentice Hall. 448 s.

Barac N., Milovanović G., Andjelković, A. 2010. Lean Production and Six Sigma Quality in Lean Supply Chain Management. Facta Universitatis Economics and Organisation, Vol 7, No 3, ss. 319-334.

van den Berg J., Zijm W. 1999. Models for warehouse management: Classification and examples. International Journal of Production Economics, Vol 59, No 1-3, ss. 519-528.

Business Dictionary. 2015. [WWW] Saatavissa: <http://www.businessdictionary.com> [Viitattu 21.01.2015]

Chambers S., Johnston R., Slack N. 2004. Operations Management. Prentice Hall. 815 s.

Choo C. 2006. The Knowing organisation – How organisations use information to construct meaning, create knowledge and make decisions. Oxford University Press. 354 s.

Cockerill W., Vernikovsky D. 2002. Optimisation of Spare Parts and Logistics Management in 21st Century Fab Environment. Future Fab International. Vol 13, No 2, ss. 79-83.

Cook C., Tomarelli H. 2008. Printed Circuit Board Tracking with RFID: Speed, Efficiency and Productivity Made Simple. Texas Instruments. 9 s.

Cooke, J. 2000. The Physical Challenges of the Virtual Sale. Logistics Management & Distribution Report, Vol 39, No 10, ss. 67-73.

CSCMP. 2015. [WWW] Saatavissa: <https://cscmp.org/> [Viitattu 21.01.2015]

Fursule N., Bansod S., Fursule S. 2012. Understanding the Benefits and Limitations of Six Sigma Methodology. International Journal of Scientific and Research Publications, Vol 2, No 1, ss. 65-73

Goldsby T., Martichenko R. 2005. Lean Six Sigma Logistics – Strategic Development to Operational Success. J. Ross Publishing Inc. 304 s.



Health and Safety Executive. 2006. Essentials of Health and Safety at Work. HSE Books. 96 s.

Helsingin tehdas. 2010. Suunta, mihin olemme menossa – Helsingin tehtaan visio. [PowerPoint]

Helsingin tehdas. 2013. ATO Projektin ”lessons learned” ja ”Tehdas 2.0”. [PowerPoint]

Helsingin tehdas. 2014. HSE-monitor. [Intranet] Vaatii kirjautumisen. [Viitattu 12.04.2014]

Hokkanen S., Karhunen J., Luukkainen M. 2002. Johdatus logistiseen ajatteluun. SHO Business Development Oy. 465 s.

Huiskonen J. 2001. Maintenance spare parts logistics: Special characteristics and strategic choices. International Journal of Production Economics. Vol 71, No 1, ss. 125-133.

Innotiimi. 2014. Opera. [WWW] Saatavilla: [www.innotiimi.com](http://www.innotiimi.com) [Viitattu 12.04.2014]

Kesti M., Syväjärvi A. 2013. Human Resource Intangible Assets connected to the Organizational Performance and Productivity. Cambridge Scholars Publishing - Business Review: Advanced Applications, ss. 136–173.

Metso Automaatio. 2013. Automaatio yleisesitys 2013. [PowerPoint]

Milne A. 2013. The Rise and Success of the Barcode: some lessons for Financial Services. Loughborough University School of Business and Economics. 14 s.

Modig N., Åhlström P. 2013. This is Lean: Resolving the Efficiency Paradox. Rheologica Publishing. 172 s.

Nonaka I., Takeuchi H. 1995. The Knowledge-Creating Company - How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press. 304 s.

Olkkonen T. 1994. Johdatus teollisuustalouden tutkimustyöhön. Otaniemen Teknillinen korkeakoulu, 143 s.

OSHA. 2004. Worker Safety Series – Warehousing. US Department of Labor. 15 s.

Pande P., Neuman R., Cavanagh R. 2000. The Six Sigma Way – How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance. McGraw-Hill Co. 448 s.

Patton G., Harkins P., Ayer-Patton B. 1947. War as I knew it. Boston: Houghton Mifflin Co. 425 s.

Pyzdek T. 2002. The Six Sigma Handbook Revised and Expanded – A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels. The McGraw-Hill Companies Inc. 848 s.

Raisinghani M., Ette H., Pierce R., Cannon G., Daripaly P. 2005. Six Sigma: concepts, tools, and applications. Industrial Management & Data Systems, Vol 105, No 4, ss. 491-505.

Rocla. 2014. Rocla Varastotrukit. [WWW]  
Saataavilla: <http://www.rocla.com/fi/trukit/varastotrukit> [Viitattu 22.05.2014]

Rushton A., Croucher P., Baker P. 2006. The handbook of Logistics and Distribution Management. Kogan Page Limited. 612 s.

Saunders M., Lewis P., Thornhill A. 2009. Research methods for business students. Prentice Hall. 656 s.

Snell A. 2011. Developing talent intelligence to boost business performance. Strategic HR Review, Vol 10, No 2, ss. 12-17.

Ståhle P., Grönroos M. 1999. Knowledge management – tietopääoma yrityksen kilpailutekijänä. WSOY. 218 s.

Sydänmaanlakka P. 2007. Älykäs organisaatio. Talentum. 299 s.

Toyota. 2014. Toyota material handling Finland – Varastotrukit. [WWW] Saataavilla: <http://www.toyota-forklifts.fi/fi/products/varastotrukit/pages/default.aspx> [Viitattu 22.05.2014]

US Bureau of Labor Statistics. 2015. [WWW] Saataavilla: <http://www.bls.gov/home.htm> [Viitattu 21.01.2015]

Womack J., Jones D. 2003. Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Productivity Press. 396 s.

Womack J., Jones D. 2005. Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together. Free Press. 368 s.

## LIITE 1 - OSALLISTAMISKYSELY

### HELSINGIN TEHTAAN KOKOONPANON VIRTAUTETTU LAYOUT KYSELY OSALLISTAMISESTA PROJEKTISSA

Tehdasprojektin tavoitteisiin kirjattiin: ”*Jokainen, joka työskentelee tulevaisuuden tuotantojärjestelmässä (toimisto, tehdas), on ottanut osaa sen suunnitteluun ainakin kerran.*” Tämä kysely pyrkii mittaamaan tämän tavoitteen toteutumista. Toivomme, että vastaat yksilönä omasta puolestasi ja totuudenmukaisesti.

Vastaajan nimi (vapaaehtoinen) \_\_\_\_\_

1) Olen

**Toimihenkilö** ☐ **Työntekijä** ☐

2) Organisaationi

**Stock&JB** ☐ **ATO** ☐ **Special** ☐ **Logistiikka** ☐ **Muu, mikä** \_\_\_\_\_ ☐

3) Onko sinulla *ollut mahdolluus* osallistua oman työn tai työskentelyalueeni suunnitteluun projektin aikana?

(Rastita) **Kyllä** ☐ **Ei** ☐

4) Onko sinulla *ollut mahdolluus* osallistua johdettuun tilaisuuteen (”työpaja”, työpalaveri, tms.), missä suunniteltiin työaluetta, tuotantotekniikkaa, toimintaa tms.?

(Rastita) **Kyllä** ☐ **Ei** ☐

5) Tunnetko, että olet saanut vaikutettua oman työn tai työskentelyalueesi suunnitteluun projektin aikana? (Ympyröi)

**1=En ollenkaan 2=Kohtalaisesti 3=Paljon**

6) Haluatko osallistua vastaaviin hankkeisiin tulevaisuudessa?

**Kyllä** ☐ **Ei** ☐

7) Vapaamuotoiset kommenttisi osallistamisesta projektissa (mitä hyvää, mitä tulisi kehittää):

---



---



---

**Kiitokset vastauksestasi!**